

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ	1
Глава 1	3
Введение в SYNOPSIS	3
Что вы должны знать прежде, чем воспользуетесь SYNOPSIS:	3
Первый урок	4
Способ ввода команд	4
Основные действия	8
Искусственный интеллект	12
Глава 2	16
Интерфейс Пользователя	16
MACro	17
Боковая панель	18
Замена AI символов	19
Графика	20
Библиотека оптических систем	22
Глава 3	22
Файл оптической системы	22
Диафрагмы и зрачки	25
Выбор параксиального зрачка	26
Выбор зрачка по реальному лучу	26
Виньетирование	27
Приблизительное задание зрачка	27
Использование выбранного зрачка	28
Выбор других файлов оптической системы	29
Глава 4	31
Анализ оптической системы и ее изображения	31
Большое количество вариантов AI символа	36
AI циклы	37
Работы по анализу изображения	38
Графики следов лучей на поверхности	39
Анализ изображения в геометрическом приближении	41
Анализ хроматизма	42
Команды анализа изображения в геометрическом приближении	43
Анализ изображения в дифракционном приближении	43
Рисунок зрачка	44
Точечный график аппаратной функции	46
Возможности ПОМОЩИ	47
Дифракционная МПФ (MTF)	48
Другие возможности анализа изображения	49
Глава 5	50
Окончание основного курса обучения	50
Выключатели режимов работ SYNOPSIS	50
Запуск MACro SYSTART	51
Хранение вариантов Ваших оптических систем и MACro	52
МАКРО циклы	54
AI MACro циклы	54
Блокнот	56
Изменение оптической системы в PAD	59
Лист работ программы	59

Функции отображения	60
Глава 6	62
Оптимизация в SYNOPSYS	62
Аберрации отдельного луча	65
Использование поперечных аберраций	69
Коррекция хроматических аберраций	70
Изменения в оптической системе при оптимизации	71
Управление толщиной края линзы	71
Пример оптимизации	73
Создание функции качества	75
Диалог оптимизации MOM	76
ОКОНЧАТЕЛЬНЫЕ значения аберраций	79
Корректировка лучей и определение аберраций	80
Изменение кодов стёкол в стеклянной модели (GLM)	80
Локальные минимумы	82
Аберрации третьего и пятого порядка	84
Выбор зрачка при оптимизации	85
Другие варианты оптимизации	86
Глава 7	87
Возможности Пользователя	87
Системы с отражающими поверхностями	87
Программы общего пользования в SYNOPSYS	91
Расчёт оптической системы	91
Наклоны, децентрировки и системы координат	91
Перспективный (аксонометрический) рисунок	94
Относительная система координат	95
Глобальные координаты	98
Локальные координаты	99
Анализ в других системах координат	99
Изменение системы координат	100
Сворачивание и разворачивание Вашей оптической системы	101
Глава 8	104
Последние штрихи	104
Асферические поверхности	104
Чертеж линзы	108
Влияние параметров и расчёт допусков в SYNOPSYS	109
BTOL - программа распределения допусков	110
Статистическая проверка допуска методом Монте-Карло (MC)	135
Большое количество AI возможностей	139
Библиография	143
Основные законы оптики:	143
Проектирование оптических систем и разработка оптики:	143
Тематика, связанная с оптикой и оптическими системами:	143
Статьи, посвящённые SYNOPSYS:	143
Отечественная литература по прикладной оптике и проектированию оптических систем	144

Глава 1

Введение в SYNOPSISYS

Справочник Обучающей программы предназначен для начинающих пользователей оптической программы SYNOPSISYS. Другой справочник, Справочник Пользователя, содержит полное описание возможностей программы и их применения. Но так как его объем более 450 страниц, то новичок может почувствовать себя неспособным освоить столь большую программу. Справочник Обучающей программы поможет Вам быстро изучить наиболее часто используемые работы программы. Многие пользователи - *не желают* изучать Обучающую программу по *напечатанной копии*. (Советую Вам напечатать на Вашем принтере копию по главам, нажав **Ctrl+P**.)

Вторым документом, который Вы должны держать на вашем столе даже, когда станете экспертом в SYNOPSISYS - Резюме Синтаксиса. Оно находится в справочнике установок под названием **syntax.doc**. Откройте этот файл в Microsoft Word, и напечатайте все 25 страниц. После этого свяжите всё в буклет и держите на Вашем столе.

Что вы должны знать прежде, чем воспользуетесь SYNOPSISYS:

Чтобы использовать SYNOPSISYS должным образом, Вам необходимы некоторые общие знания. Просмотрите нижеприведённый список, чтобы узнать, знакомы ли Вы с этими темами:

- Оптика первого порядка - параксиальная (Гауссово изображение, главные плоскости, инвариант Лагранжа и т.д.);
- Закон Снеллиуса, абберации Зейделя;
- Элементарная теория дифракции (геометрия диска Эйри, интерференция, и т.д.);
- Теория Фурье (МПФ - модуляционная передаточная функция (MTF)).

Если любая из этих тем Вам плохо знакома, то я рекомендую, ознакомиться с некоторыми из основных учебников оптики, указанных в списке в конце этого справочника, так как термины из учебников используются повсюду в справочнике SYNOPSISYS без дальнейшего объяснения.

Вы готовы учиться? Следующие разделы этой Обучающей программы помогут Вам за несколько простых уроков освоить SYNOPSISYS. Сначала на экране ознакомьтесь с "основными инструментами" (Приложение 1). Предусмотрены обращения к программе по управлению Вашей оптической системой. Как только Вы узнаете правила работы с программой, то сможете выполнять работы с более сложными оптическими системами. По мере обучения, я буду знакомить

Вас с некоторыми дисциплинами и темами, например, системами координат и указывать на их особенности.

Первый урок

Хорошо, давайте начнём. Если Вы дошли до этой страницы, то знаете, как войти в *файлы Помощи* (Help files). (Данный Справочник Обучающей программы - часть обширного набора файлов Помощи, доступных в SYNOPSYS.)

Пока Вы не знаете всех путей (ходов программы) и не знаете даже самого легкого пути. Самый быстрый путь к Помощи для всех пользователей - нажатие ключа **F1**. Вы можете делать это везде, и если раздел помощи, который открылся, - не тот, что Вам нужен, то щелкните на **Содержание** или **Индекс**. Тогда в Вашем распоряжении будет весь файл Помощи.

Как только Вы откроете SYNOPSYS, Вы увидите строки некоторого текста, показанного в Окне Команды. Если Ваша установка программы была закончена не должным образом, или если Вы находитесь в другом справочнике, то получите сообщение, которое скажет Вам, что часть необходимых файлов пропущены, особенно в библиотеке оптических систем. Ознакомьтесь с инструкцией установки программы или вызовите OSD в 207/633-3711, если не смогли решить проблему сами. Строки, показанные на экране, повторяют запуск MACro SYSTART.MAC и стартовые определения некоторых AI символов.



Мы рассмотрим эти проблемы в последующих главах. Сначала мы должны обсудить способ ввода команд, даже если Вы никогда самостоятельно не будете печатать команды, а будете всё делать с помощью меню и панели инструментов. В конечном счёте, почти всё зависит от действительных (основных) команд, посланных в программу тем или иным способом.

Способ ввода команд

КОМАНДА SYNOPSYS - ряд из трех знаков (цифр), который заставляет программу выполнять действие немедленно. Тип

INT

Ключ (печать) **<CR>** (или "Enter"). Вы должны всегда нажимать на этот ключ после печати ряда команд, хотя обычно справочник не требует этого. Вы можете также напечатать полное слово **"INTERACTIVE"**, но достаточно ввести только первые три буквы. Позже, используя **AI** режим (искусственный интеллект) SYNOPSYS и каталоги стекол, Вы найдёте команды, которые имеют более трёх букв. Команда **INT** помещает Вас в диалоговую часть программы с выключенным режимом **AI**. Вы можете также использовать, для этой цели,

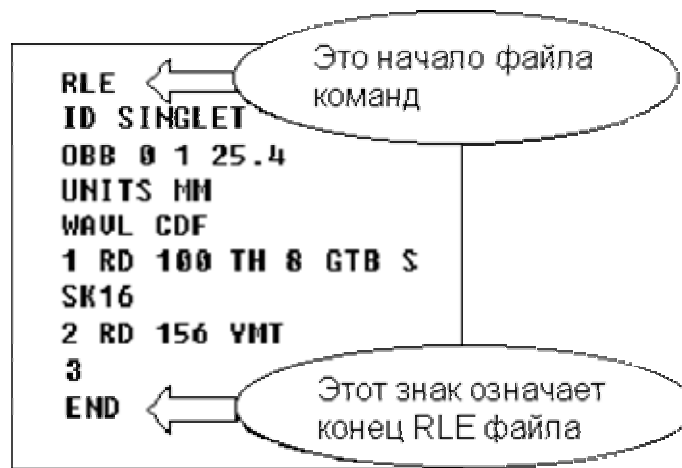
кнопки панели инструментов (toolbar)  для включения и  для выключения *AI* режима. Команды работают в любом режиме, но в режиме *AI*, Вы сможете решить много полезных задач, напечатав команды по-английски, если для этих задач действительно существуют команды.

Имеются другие варианты команд SYNOPSIS, которые требуют дополнительных данных для ввода, однако, таких команд немного. Они называются FILE HEADER COMMAND (КОМАНДАМИ КОЛЛЕКТОРА ФАЙЛА). Если Вы напечатаете такие команды, то программа не будет выполнять никаких других действий, пока не считает полный вводной файл. Программа укажет, что находится в середине такого файла, изменяя "быстрый ряд". Когда Вы напечатали **INT**, то, вероятно, видели "быстрый ряд":

SYNOPSIS >

Это основной вид немедленной команды на экране. В *AI* режиме она изменяется на **SYNOPSIS AI** >. Если Вы находитесь в середине вводного файла, то программа может обрабатывать в этом пункте только остаточный член этого файла, который обычно заканчивается вводом **PLOT**(график) или **END**. Поэтому не пробуйте в этом месте нажимать на пункт меню или на кнопку панели инструментов. Вы должны закончить ввод файла или нажать <Esc> клавишу, если не хотите заканчивать этот файл.

Следующая работа, которую Вы должны освоить это ввод данных для одиночной линзы с помощью команд. Вы можете легко ввести эту линзу в диалогах *SYS* или *SPS*, (*успех выполнения* показывает, что эти режимы работ из **Приложения 1** имеют силу команд SYNOPSIS), которые позволяют заполнять Вам только пробелы в таблицах. Это действительно легче, чем делать такой же ввод командами. Это практически *быстрее*, если только Вы знаете, как это делать. Поскольку Вы учитесь, в использовании SYNOPSIS, Вы должны знать, что такой вид ввода, сначала, печатается в MACro редакторе, а затем посылается в SYNOPSIS. Мы будем делать это пока в режиме реального времени. Напечатайте нужные линии текста в Окне команд. Если Вы сделаете ошибку в линии, и найдете вашу ошибку прежде, чем нажали кнопку <CR>, то можете использовать ключ возврата на один символ, чтобы устранить ошибку. Если Вы нажали <CR> прежде, чем нашли ошибку, то ввести линию правильно Вы сможете только повторно, так как это файл ввода линзы, в котором порядок вводимых линий не особенно важен. Напечатайте следующие вводные линии:



Форма ввода SYNOPSIS почти полностью свободная. Это значит, что Вы не должны волноваться относительно порядка столбцов, которые печатаете. Вы были проинформированы, что во вводимом файле печать кода стекла SK16 должна быть на отдельной линии. Это тот случай, когда обычные правила для ввода не применяются, так как коды большинства оптических стекол требуют более чем трёх знаков. Программа обращается с этой линией по-другому. Вы можете вводить коды стёкол нижеуказанной линией:

1 GTB S "SK16"

Здесь кавычки сообщают SYNOPSIS, что эта линия является частным случаем.

Давайте, объясним, что получилось. После того, как Вы напечатали RLE линию, "быстрый ряд" на экране заменен на

RLE >

Это указание, что Вы находитесь в середине файла оптической системы. (Кстати, мнемоническое обозначение получается из "Read Lens" ("Читаемая Линза"). Команды SINOPSIS разработаны так, чтобы они легко запоминались). *Далее Вы входите в линию идентификации оптической системы, начинающейся со знаков ID.* Вы можете вводить в эту линию до 33 знаков (цифр), чтобы идентифицировать вашу оптическую систему. Эта информация будет напечатана в списках и графиках ваших оптических систем, наряду с текущим номером. Здесь Вы напечатали слово СИНГЛЕТ. Эта информация - только для удобства и помощи в нахождении варианта вашей оптической системы.

Следующая линия дает описание координат объекта. Имеется пять видов описаний объекта, подробно указанных в Главе 3, которые Вы можете использовать. В нашем случае мы используем форму объекта OBB, как наиболее удобную, для объекта находящегося в бесконечности. Числа на этой линии определяют только три из семи возможных аргументов, имеющих силу на OBB линии: 0 - для крайнего угла поля зрения на первой поверхности (потому, что лучи приходят из бесконечности); 1 - для половины угла поля

зрения в градусах (частях), и 25.4 для радиуса апертурного осевого пучка в плоскости при вершине первой поверхности. Фактически в SYNOPSIS мало форматов, на которых Вы могли бы учиться на этом этапе. Вы можете воспользоваться только **SYS** диалогом, чтобы ввести эти данные, если забыли последовательность. Но я призываю Вас, учитесь сердцем. Параметры оптической системы мы задаём линией UNITS в единицах измерения миллиметрах (мм), и затем определяем три длины волны в кодах C D F. Три (или пять) числа могут быть приняты для ввода WAVL; второе число определяет основную длину волны в микрометрах. Например:

WAVL .6563 .5876 .4861

Если Вы вводите пять длин волн, Вам также позволяет ввести пять показателей преломления и оценивать изображение для пяти длин волн. Пока всё это довольно легко. Мнемонический ввод поверхностных данных в основном очевиден; RD означает радиус, TH - толщина среды, и GTB S - каталог стёкол фирмы Schott с кодом стекла на следующей линии. Образец ввода, показанный здесь, используется для большинства вводов SINOPSIS: мнемоническое обозначение сопровождается одним (или больше) числовыми значениями. Порядок этих пар с мнемоническим обозначением аргументов в данном случае не важен; Вы можете ввести TH, например, перед RD. Обратите внимание, что параметры поверхности начинаются с номера поверхности, так что в большинстве случаев не имеет значения, в каком порядке Вы их вводите.

Мнемоническое обозначение YMT заслуживает небольшого объяснения. Здесь дан пример толщины, где фактическое значение толщины не введено наряду с другими данными оптической системы. Имеется много видов, доступно описанных в Главе 3, обращения к радиусу кривизны или к толщине, которые программа непрерывно спрашивает. Решаем, что будем управлять толщиной поверхности 2 (действительный, воздушный промежуток). Крайний параксиальный луч имеет нулевую высоту на следующей поверхности, которая является в этом случае плоскостью изображения.

Где указан ноль? Подобно большинству мнемоник, YMT ввод может принимать аргумент. Если бы мы записали, например, YMT .5 на этой линии, то целевое значение было бы 0.5 мм вместо нуля. Это применение общего правила: *если после мнемонического обозначения требуется числовой аргумент, но он не введен, то программа присвоит ему значение нуля*. Имеются также случаи, когда некоторые из аргументов после мнемонического обозначения необязательны, и их значения оставлены по результатам расчета и не приравнены к нулю.

Чтобы различать эти случаи, справочник указывает необязательные данные, предлагая описание этих данных в квадратных скобках [...]. Таким образом, мы потребовали, чтобы всегда вычислялся параксиальный фокус линзы. После того, как прочитается весь файл RLE, программа вставит собственное значение для этого воздушного промежутка. Если мы позже

изменим, скажем, радиус поверхности, то в результате этого воздушный промежуток автоматически изменится.

Плоскость изображения находится на поверхности 3, для которой мы не указали вообще ни каких данных, кроме номера поверхности. Только ввод номера объявляет о существовании поверхности, и так как никаких других данных не было введено, программа берет для **расчета: плоскую поверхность, находящуюся в воздухе.**

Многие из работ SYNOPSIS проводят оценку качества изображения, и это всегда делается на последней поверхности системы. Если бы мы, по ошибке, не учли поверхность 3, то программа оценит качество изображения на последней поверхности оптической системы - **плохая перспектива.**

Когда весь файл прочитан, программа проведет расчет хода параксиального луча, вычислив некоторые параксиальные величины оптической системы.



SYNOPSIS AI > PXT

GIHT	FOCL	FNUM	BACK	TOTL	DELF
7.43108	425.72618	8.38044	412.68628	8.00000	0.00000

ПОЛОЖЕНИЕ ПЛОСКОСТИ ГАУССА	ФОКУСНОЕ РАССТОЯНИЕ	ДИАФРАГМЕН НОЕ ЧИСЛО	ЗАДНИЙ ФОКАЛЬНЫЙ ОТРЕЗОК	ТОЛЩИНА ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ	ПАРАКСИАЛЬ- НАЯ ДЕФОКУ- СІРОВКА
7.43108	425.72618	8.38044	412.68628	8.00000	0.00000

Основные действия

Теперь давайте сделаем некоторые основные манипуляции с этой оптической системой. Предположим, что Вы хотите "распечатку" (твердую копию) вышеупомянутой оптической системы, которая в настоящее время существует только на экране вашего монитора.

Вы можете нажать кнопку принтера , но будет печататься **полное** содержание окна команды, которое Вам, вероятно, не нужно. Имеется более легкий способ получения расчёта: сначала, сделайте **новое** окно команды, щелкнув кнопкой , затем напечатайте команду PXT в этом окне, и **затем** щелкните кнопкой принтера. Если Вы хотите просто печатать, то можете легко открыть новое окно, как в прошлом случае. А если это не поможет? Имеется процедура для объяснения в разделе помощи под Окном Команды.

Вы можете также просить PXT дать координаты "поверхность - поверхность" для двух параксиальных лучей, которые рассчитываются командой **PXT P**. Если оптическая система - очень сложная, а Вы хотите получить только часть поверхностей внесенных в список, то можете указать, например, **PXT 13 22**, и программа выдаст список лучей в интервале от 13 до 22 поверхности. Этот формат работает во многих разделах SYNOPSIS, которые печатают данные "поверхность - поверхность". Ниже приведён расчёт по команде PXT P:

PARAXIAL RAYTRACE DATA

SURF	Ymarg	U'marg	Imarg	Ychief	U'chief	Ichief
OBJ	0.00000	2.540E-11		-1.74551E+10		0.01746
APS	25.40000	-0.09725	0.25400	0.00000	0.01077	0.01746
2	24.62200	-0.05966	0.06058	0.08618	0.01780	0.01132
IMG	0.00000			7.43106		

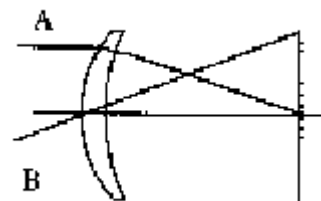
GIHT	FOCL	FNUM	BACK	TOTL	DELF
7.43106	425.72532	8.38042	412.68543	8.00000	0.00000

ДАННЫЕ ХОДА ПАРАКСИАЛЬНЫХ ЛУЧЕЙ

Поверхность	Ymarg - высота апертурного луча	U'marg - апертурный угол после преломления	Imarg - угол падения апертурного луча	Ychief - высота главного луча	U'chief- угол главного луча после преломления	Ichief- угол падения главного луча
OBJ	0.00000	2.540E-11		-1.74551E+10		0.01746
APS	25.40000	-0.09725	0.25400	0.00000	0.01077	0.01746
2	24.62200	-0.05966	0.06058	0.08618	0.01780	0.01132
IMG	0.00000			7.43106		

ПОЛОЖЕНИЕ ПЛОСКОСТИ ГАУССА	ФОКУСНОЕ РАССТОЯНИЕ	ДИАФРАГМИР- ННОЕ ЧИСЛО	ЗАДНИЙ ФОКАЛЬ- НЫЙ ОТРЕЗОК	ТОЛЩИНА ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ	ПАРАКСИАЛЬ- НАЯ ДЕФОКУ- СРОВКА
7.43106	425.72532	8.38042	412.68543	8.00000	0.00000

Вышеуказанные параметры:
 "Y" - высота главного луча
 "U" - угол после преломления луча
 "I" - угол падения луча
 A - апертурный (крайний) луч
 B - главный луч.



Следующей командой Вы будете очень часто пользоваться, чтобы получить данные из спецификаций оптической системы. Напечатайте команду **SPEC**.

SPEC

ID SINGLET 87 04-FEB-9809-38-09

LENS SPECIFICATIONS:

SYSTEM SPECIFICATIONS

OBJECT DISTANCE (TH0)	INFINITE	FOCAL LENGTH (FOCL)	425.7262
OBJECT HEIGHT (YPP0)	INFINITE	BACK FOCAL LENGTH	412.6863
MARG RAY HEIGHT (YMP1)	25.4000	IMAGE DISTANCE (BACK)	412.6863
MARG RAY ANGLE (UMP0)	0.0000	CELL LENGTH (TOTL)	8.0000
CHIEF RAY HEIGHT (YPP1)	0.0000	F/NUMBER (FNUM)	8.3804
CHIEF RAY ANGLE (UPP0)	1.0000	GAUSSIAN IMAGE HT (GIHT)	7.4311
ENTR PUPIL SEMI-APERTU	25.4000	EXIT PUPIL SEMI-APERTURE	24.9109
ENTR PUPIL LOCATION	0.0000	EXIT PUPIL LOCATION	-4.8420

WAVL (uM)	0.65627	0.58756	0.48613
UNITS	MM		
APERTURE STOP SURFACE (APS) 1		SEMI-APERTURE	25.45751
FOCAL MODE	ON		
MAGNIFICATION	-4.25726E-10		
POLARIZATION AND COATINGS ARE	IGNORED		

SURF	RADIUS	THICKNESS	MEDIUM	INDEX	V-NUMBER	
0	INFINITE	INFINITE	AIR			
APS	100.00000	8.00000	SK16	1.62041	60.32	SCHOTT
2	156.00000	412.68628S	AIR			

KEY TO SYMBOLS

A	SURFACE HAS TILTS AND DECENTERS	B	TAG ON SURFACE
G	SURFACE IS IN GLOBAL COORDINATE	L	SURFACE IS IN LOCAL COORDINATE
O	SPECIAL SURFACE TYPE	P	ITEM IS SUBJECT TO PICKUP
S	ITEM IS SUBJECT TO SOLVE		

ID СИНГЛЕТ 87 04-FEB-9809-38-09 (ПЕРЕВОД)

СПЕЦИФИКАЦИИ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ:

СПЕЦИФИКАЦИИ СИСТЕМЫ

РАССТОЯНИЕ ДО ОБЪЕКТА (TH0)	БЕСКОНЕЧНОЕ	ФОКУСНОЕ РАССТОЯНИЕ (FOCL)	425.7262
ВЫСОТА (РАЗМЕР) ОБЪЕКТА (YPP0)	БЕСКОНЕЧНАЯ	ЗАДНИЙ ФОКАЛЬНЫЙ ОТРЕЗОК	412.6863
ВЫСОТА АПЕРТУРНОГО ЛУЧА (YMP1)	25.4000	РАССТОЯНИЯ ДО ИЗОБРАЖЕНИЯ (BACL)	412.6863
УГОЛ АПЕРТУРНОГО ЛУЧА (UMP0)	0.0000	ДЛИНА ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ (TOTL)	8.0000
ВЫСОТА ГЛАВНОГО ЛУЧА (YPP1)	0.0000	ФОКУСНОЕ ЧИСЛО (FNUM)	8.3804
УГОЛ ГЛАВНОГО ЛУЧА (UPP0)	1.0000	РАЗМЕР ИЗОБРАЖЕНИЯ НТ (GINT)	7.4311 (В ПЛ. ГАУССА)
РАДИУС ВХОДНОГО ЗРАЧКА	25.4000	РАДИУС ВЫХОДНОГО ЗРАЧКА	24.9109
ПОЛОЖЕНИЕ ВХОДНОГО ЗРАЧКА	0.0000	ПОЛОЖЕНИЕ ВЫХОДНОГО ЗРАЧКА	-4.8420

ДЛИНЫ ВОЛН В (МКМ)	0.65627	0.58756	0.48613
ЕДИНИЦЫ (ИЗМЕРЕНИЯ)	ММ		
ПОВЕРХНОСТЬ АПЕРТУРНОЙ ДИАФРАГМЫ (APS)	1	РАДИУС АПЕРТУРНОЙ ДИАФРАГМЫ	25.45751
РЕЖИМ ФОКУСИРОВКИ	ВКЛЮЧЁН		

УВЕЛИЧЕНИЕ	-4.25726E-10
ПОЛЯРИЗАЦИЯ И ПОКРЫТИЯ	ИГНОРИРУЮТСЯ

КОНСТРУКТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Поверхность	Радиус	Толщина	Среда	Показатель Преломления	Коэффициент дисперсии	
0	0	0	ВОЗДУХ			
APS	100.00000	8.00000	SK16	1.62041	60.32	SCHOTT
2	156.00000	412.68628S	ВОЗДУХ			

КЛЮЧИ К СИМВОЛАМ

A	ПОВЕРХНОСТЬ ИМЕЕТ НАКЛОНЫ И ДЕЦЕНТРИРОВКИ	B	БИРКА НА ПОВЕРХНОСТИ
G	ПОВЕРХНОСТЬ ЗАДАНА В ГЛОБАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ	L	ПОВЕРХНОСТЬ ЗАДАНА В ЛОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ
O	СПЕЦИАЛЬНЫЙ ТИП ПОВЕРХНОСТИ	P	ПАРАМЕТР ЗАВИСИМЫЙ (СВЯЗАННЫЙ)
S	ПАРАМЕТР ОСНОВНОЙ		

Заметьте, что толщина 2 была получена расчётом по программе, и её внесли в задание для последующего расчета. ЗАДНИЙ ФОКАЛЬНЫЙ ОТРЕЗОК и РАССТОЯНИЕ ДО ИЗОБРАЖЕНИЯ одинаковые, потому что поверхность 3 в параксиальном фокусе. S после толщины 2 сообщает Вам, что это действительное решение.

Искусственный интеллект

Теперь давайте развлечёмся. Если Вы захотите узнать, скажем, F/number оптической системы, то всегда можете посмотреть его в SPEC, дающий достаточно подробный список расчетов программы. *Если Вы не желаете* проводить расчеты, то можете сделать это в SYNOPSIS, используя AI режим работы (искусственный интеллект). Напечатайте на клавиатуре:

AI
FNUM?

Команда AI обращается к AI режиму с вопросом FNUM? Ввод этого режима является правильным. Программа отвечает

SYNOPSIS AI > FNUM?

F/number или 1/Beam Diam. В афокальном режиме (FNUM) - 8.38041971

Вы можете спрашивать программу о различных работах в AI режиме. Команды - простые английские предложения, описанные в более поздних разделах этого справочника. Для практики напечатайте ниже приведённые вопросы для типового урока. Напечатайте текст **BOLDFACE**, и программа ответит.

SYNOPSIS AI>PRINT BACK

The paraxial image distance (BACK) is 412.68543125
(параксиальное расстояние до изображения)

SYNOPSIS AI>WHAT IS THE SPHERICAL ABERRATION?

The third-order spherical aberration sum (SA3) is 0.82349363
(сумма сферической аберрации третьего порядка)

SYNOPSIS AI>SA3?

The third-order spherical aberration sum (SA3) is 0.82349363
(сумма сферической аберрации третьего порядка)

SYNOPSIS AI>WHERE IS THE STOP?

The aperture stop is on surface number 1
(апертурная диафрагма находится на поверхности 1)

SYNOPSIS AI>PUT THE STOP ON 2

The aperture stop is on surface number 2
(апертурная диафрагма находится на поверхности 2)

SYNOPSIS AI>2 TH?

The thickness or spacing of surface number 2 is 412.68543125
(2 толщина линзы или воздушный промежуток?)

SYNOPSIS AI>2 TH = 412

The thickness or spacing of surface number 2 is 412
(толщина линзы или воздушный промежуток с номером 2 = 412)

Вы видите, что режим работ AI очень гибкий, имеет много предложений, позволяет менять их количество и варианты. Чтобы увидеть весь список словаря, попросите AI показать Вам правильное задание предметов, глаголов и условий.

SUBJECTS? (предметы?)

VERBS? (глаголы?)

CONDITIONS? (условия?)

Глава 15 Справочника Пользователя подробно описывает возможности AI. Пока заметим только, что в вышеописанных примерах мы пользовались мнемоническим обозначением SA3, являющимся синонимом для сферической

абберации третьего порядка (синоним имеет мало знаков). Когда мы явно ввели значение толщины 2, то программа автоматически удалила YMT.

В настоящее время оптическая система не имеет рассчитанных данных.
Сделаем расчет в файле CHG

CHG
2 YMT
END

Учитывая, что сейчас программа находится в AI режиме, ввод команд нормальный. Например, чтобы получить только первую часть списка SPEC, Вы можете напечатать:

SPEC SYS

Это полезный вариант, которым теперь Вы можете пользоваться. Давайте закончим этот первый урок примерами некоторых простых команд анализа. Команда **BOLDFACE** это то, что Вы должны напечатать на клавиатуре; остальное сделает программа.

SYNOPSIS AI>SYRN 5 2
ID SINGLET
SAGITTAL RAY FAN ANALYSIS

27-JAN-98 07-29-56

FRACT. OBJECT HEIGHT
HEAR 0.000000 GEAR 0.000000

REL. ENT. PUPIL XEN	RAY ABERRATIONS DELTA X	DELTA Y
0.200	-0.006598	0.000000
0.400	-0.053018	0.000000
0.600	-0.180281	0.000000
0.800	-0.431893	
1.000	-0.855315	

27-JAN-98 07-30-21

SYNOPSIS AI>TWAN 5 2 1
ID SINGLET
TANGENTIAL RAY FAN ANALYSIS

FRACT. OBJECT HEIGHT
CHIEF RAY COORD. AT IMAGE
GAUSSIAN IMAGE HEIGHT

HEAR 1.000000
Y 7.431137

GEAR 0.000000
X 0.000000

7.431078

REL. ENT. PUPIL YEN	RAY ABERRATIONS DELTA Y
-1.000	0.690437
-0.800	0.330913
-0.600	0.126519
-0.400	0.031257
-0.200	0.002582
0.200	-0.016182
0.400	-0.086046
0.600	-0.251276
0.800	-0.556490
1.000	-1.050795

Сагиттальный пучок из 5 лучей для 2 цвета

Эта колонка даёт часть координат входного зрачка

Меридиональный пучок из 5 лучей для 2 цвета и полного поля

Эта колонка даёт разность между каждым лучом и главным лучом. по Y- координате

Теперь, чтобы получить ход реального осевого апертурного луча на длине волны 2, обнулите поле зрения, координаты зрачка (0,1) на каждой поверхности:

RAY 2 0 0 1 SURF

INDIVIDUAL RAYTRACE ANALYSIS

FRACT. OBJECT HEIGHT	HBAR	0.000000	GBAR	0.000000
FRACT. ENTRANCE PUPIL COORD.	YEN	1.000000	XEN	0.000000

RAY VECTORS (X DIR TAN) (Y DIR TAN)

SURF	X	Y	Z	ZZ	HH
OBJ	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	2.540000E-11
1	0.000000	25.400000	3.279578	0.000000	-0.099743
2	0.000000	24.732376	1.973023	0.000000	-0.062301
IMG	0.000000	-0.855314	0.000000		

ЛУЧ 2 0 0 1 ПОВЕРХНОСТИ

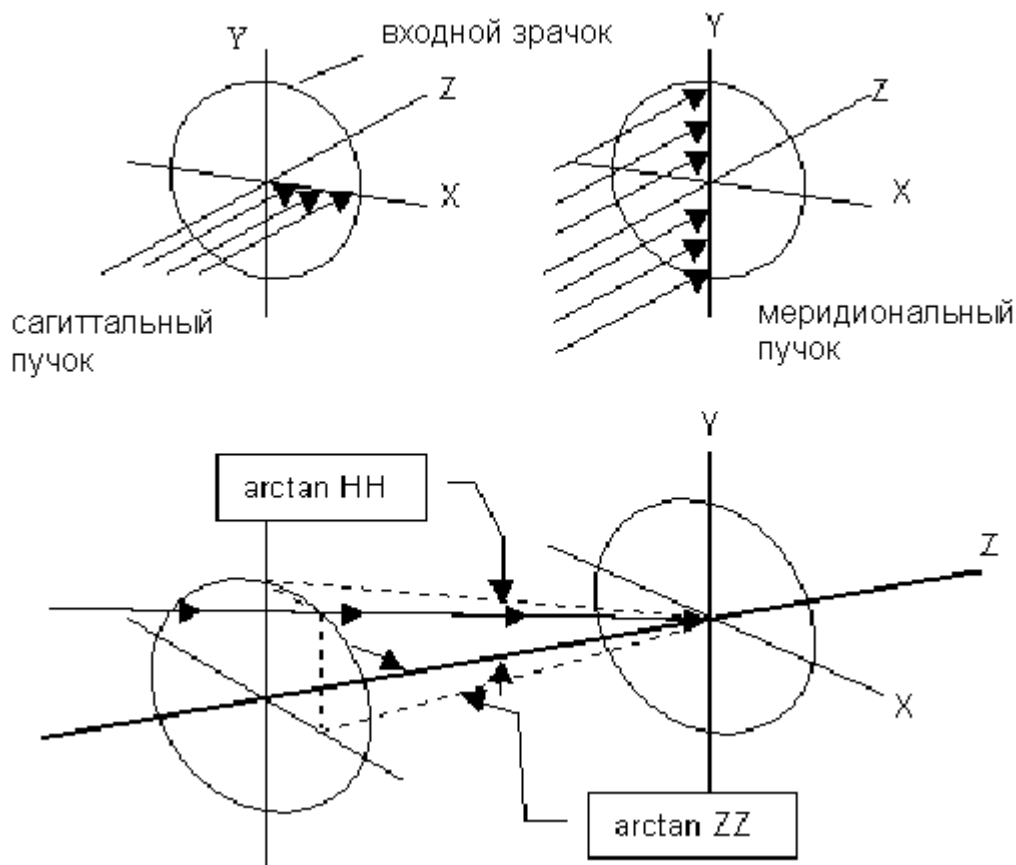
АНАЛИЗ ХОДА ОТДЕЛЬНОГО ЛУЧА

Часть высоты объекта (цели)	HBAR	0.000000	GBAR	0.000000
Часть координаты входного зрачка	YEN	1.000000	XEN	0.000000

(Координаты луча) (Направляющие тангенсы) по X по Y

Поверх.	X	Y	Z	ZZ	HH
OBJ	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	2.540000E-11
1	0.000000	25.400000	3.279578	0.000000	-0.099743
2	0.000000	24.732376	1.973023	0.000000	-0.062301
IMG	0.000000	-0.855314	0.000000		

Геометрия, приведенная в вышеуказанном списке, объясняется ниже.



Еще одно слово относительно AI прежде, чем мы закончим эту главу. Если AI программа сообщила Вам, что Вы напечатали слово не из её словаря, то повторно можно ввести *только слово*, вместо перепечатывания целого предложения. Например, если Вы хотели спросить

Каков `grd` поверхности 3?

Программа не поймёт **"rrd"** и будет просить Вас повторно ввести четыре знака, которыми начинается это слово. Если бы Вы напечатали **"rad"**, то предложение было бы правильно понято. Так как Вы новичок, то будете делать ошибки ввода и видеть эти сообщения потому, что предложения AI опережают ввод команды. Вы можете начать новую линию, нажав на клавишу **<esc>**, или можете выключать AI режим.

Следующая глава описывает более сложный ввод параметров, с использованием MASCro редактора, и некоторые графические работы.

Глава 2


Интерфейс Пользователя

В предыдущей главе Вы вводили некоторые команды для одиночной линзы в режиме реального времени, и теперь Вы знаете, как просто это делается в



SYNOPSIS. Следующая задача состоит в том, чтобы ввести оптическую систему триплета (систему из трёх линз), используя MACro редактор и выполнить при этом более сложный анализ. В конечном счете, Вы захотите оптимизировать эту оптическую систему, но сначала Вы должны узнать, как использовать редактор именно для оптимизации. Для выполнения требуемой работы, Вы можете задать программе много задач.


MACro

Термином MACro обозначают ряд вводных линий, которые вводятся в файл для управления программой как единым целым. Ввод, о котором Вы узнали в первой главе, может быть быстро подготовлен, послан в SYNOPSIS и затем быстро выполнен. Если Вы планируете вводить больше, чем одну или две вводные линии, то для выполнения данной задачи, правильнее делать это в MACro редакторе, а не в режиме реального времени. Вы будете часто управлять рядом линий, возможно, с модификациями, и MACro останется доступным для дальнейшего использования даже после того, как работа выполнена.

В следующем разделе Вы введёте данные для триплета, используя MACro. Как и в других работах SYNOPSIS, Вы можете открывать MACro редактор, щелкая мышью или с клавиатуры. Команда **EE** открывает новое окно редактора, если нет уже открытого, или формирует последнее окно, которым Вы пользовались, но не закрыли. Вы можете использовать меню **MACro|Create a New Editor Window** или только щелкнуть кнопкой . Когда новое окно открыто, введите следующие типы линии:

```
RLE
ID COOKE TRIPLET F/4.5
OBB 0 20 5.555
APS 3
UNITS MM
1 CV .04652472 TH 2 CAO 5.5555 GTB S
SK16
2 CV -.008062 TH 5.25509
2 CAO 5.5555
3 RD -19.105175 TH 1.25 N13 61164 61659 62848
3 CAO 5
4 CV .045497 TH 4.93473 CAO 5.0
5 CAO 5.5555 CV .0030457 TH 2.25 PIN 1
6 RD -16.75377 YMT 0 CAO 5.5555
7
END
```

Если Вы готовы, щелкните кнопкой , напечатайте название файла **COOKE** , сохраните таблицу диалог (нажав **OK**) и затем нажмите кнопку . Эта кнопка

сохранит файл с самым последним названием и, затем, будет управлять им. Как только Вы заполнили MACro, SYNOPSIS запомнит, что было в нем, даже если Вы закрыли окно редактора. Вы сможете всегда воспользоваться им снова по команде GDS (*установить данные*). Это полезная уловка для запоминания, когда Вы заполняете MACro редактор для анализа изображения и хотите пользоваться им много раз. Вы можете открыть новое окно редактора кнопкой  и создать, таким образом, любое число редакций, содержащих различные наборы команд.


Когда Вы выполните этот MACro, Вы увидите на поверхности экрана данные вашего линейчатого RLE файла, и затем линии PXT для триплета.

Посмотрите на значение FOCL; оно должно быть приблизительно 50 мм. Если это не так, то Вы, вероятно, сделали ошибку при вводе, и поэтому введите повторно изменения в EE. (Щелкните в окне редактора, чтобы возобновить в нём печать.) Вызов списка SPEC поможет Вам найти ошибку.

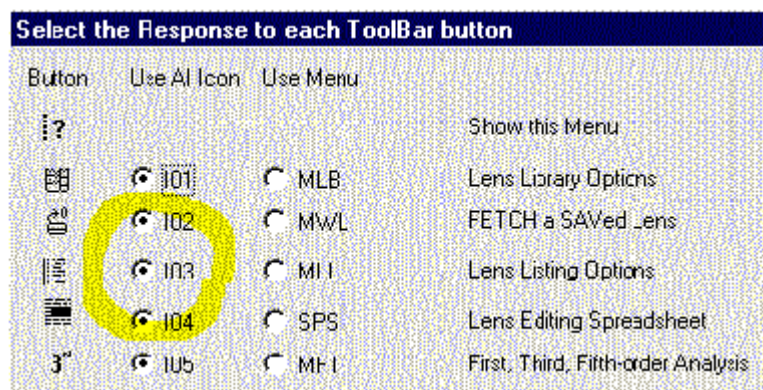
Настало время попробовать некоторые другие команды SYNOPSIS. Команда PRT, до настоящего времени, вводилась в список с другими форматами отличными от SPEC и POP. Команда YMT, вводилась для определения фокального отрезка. Команда CAP вводила в список точные апертурные данные. Команда EDGE вводит толщину края каждого элемента или воздушного промежутка. Напечатайте эти команды, чтобы увидеть их действия.

Боковая панель

Теперь, когда Вы напечатали несколько команд, самое время посмотреть способы их ввода при помощи мышки. В левой части окна SYNOPSIS Вы видите ряд кнопок панели инструментов (Sidebar). Сначала посмотрите на то, что получится, если Вы поместите курсор мыши на одну из кнопок, не нажимая на неё. (Для дальнейшей работы закройте окно HELP (Помощи).)

Подведите мышь к кнопке  и задержите её на мгновение. Откроется окно "Символы Инструмента", которое сообщит Вам функцию этой кнопки "Программы панели инструментов". Другие подобные кнопки (toolbar) также имеют инструментальные символы, которые приведены в *Приложении 2* и помогут найти то, в чём Вы нуждаетесь.

Точная функция этих кнопок может быть изменена по Вашему желанию. Вы можете "щелкая" переходить более высокий уровень диалога. Это ускоряет диалог. Вы можете назначить, если захотите, чтобы специфическая кнопка открывала окно диалога, дающего Вам выбор меню, или кнопку фактически немедленного выполнения некоторой задачи. Теперь щелкните вышеуказанной кнопкой.



В этом диалоге ряд кнопок показанных слева, имеет две аналогичные по действию кнопки справа. Знаки "I03" в жёлтом круге соответствуют кнопке панели инструментов. Что стоит за "Icon03", что означает она в AI? Напечатайте предложение AI "SIMBOLS?" и увидите соответствие кнопок и обозначений.

SYMBOLS?

1 AIP 0
 2 PP* RPT .02 10 2 1 3/PAD/V
 3 FF* FINAL 5
 4 TT* EM TEST
 5 I01 MLB
 6 I02 MWL
 7 I03 SPEC
 8 I04 LE
 9 I05 THIRD
 10 I06 DWG 0 1 99 HBAR 0 1 -1
 ...

В этом примере, знаки I03 определяют команду "SPEC". Это одна из наиболее полезных особенностей AI. Закройте диалог и щелкните по этой кнопке. Вы получите SPEC выдающий список снова. Теперь откройте диалог и выберите кнопку аналог с символом "MLL". Закройте диалог и щелкните кнопкой еще раз. Теперь Вы увидите другой диалог, где сможете выбирать разнообразные виды SPEC или других команд внесённых в список. Так команда SPEC становится связанной со знаками I03 в AI режиме программы.

Замена AI символов

При запуске MACro (или в другом месте) знаки "I03" были уже определены. Теперь легко задать тип в окне команды:


I03: PRT

Убедитесь, что оставили пространство (пробел) после двоеточия. Теперь напечатайте I03 (или сделайте выбор из боковой панели диалога, а затем щелкните кнопкой боковой панели), и Вы получите PRT, в списке вместо SPEC.

Таким образом, Вы можете определять любой набор до трех знаков (цифр), задавая любую команду из лексикона SYNOPSIS, предложение AI, *или даже другой символ*. Напечатайте следующее:

PPP: SPEC/CAP


Теперь тип PPP вызывает SPEC с внесенным списком CAP. Вы только что определили новую команду, которая не существовала, пока Вы её не создали. Существует большое количество AI команд, с которыми Вы познакомитесь позднее.

Однако имеется одна опасность: команда PPP исчезнет, когда Вы нажмете EXIT (ВЫХОД) из SYNOPSIS. Чтобы сделать команду *постоянной*, Вы должны поместить команду в MACro ICONS.MAC, который должен связать ваш SYSTART.MAC MACro с линией "EM ICONS". Так возникли все команды, которые Вы видели ранее. Если Вы щелкнете по кнопке  боковой панели, то откроете MACro редактор с ICONS.MAC файлом, где сможете изменять любые команды, или добавлять новые.

Потом щелкните управляющей кнопкой , чтобы сохранить и управлять этими командами.

Графика

Теперь Вы будете учиться делать рисунок триплета и исследовать его некоторые графические возможности.

Щелкните кнопкой , чтобы сделать рисунок. Это легко, но Вы должны научиться использовать команды. Команда, которую Вы будете применять для получения рисунка оптической системы в плоскости Y-Z - DWG вместе с некоторыми необязательными аргументами. В справочнике SYNOPSIS приводится формат для такой команды:

DWG [TSCF [JSSS JSPS [HBAR NB NB NB]]]

Вы должны запомнить, что квадратные скобки [...] подразумевают необязательный ввод, а означают, что Вы напечатаете там номер (число) вместо мнемонической записи. Например, аргумент [TSCF] означает ***Times Scale Factor (фактор шкалы времени)*** масштаб 2 или 2X. Так как это не обязательно, то программа задаст подходящий масштаб сама. Вы не задали этот аргумент. Вы можете также указать и поверхность диафрагмы, напечатав (JSSS, JSPS). Мнемоника HBAR и три аргумента задают до трех полевых углов, которые прочерчиваются на рисунке. Диалог MPL выдаст Вам таблицы для заполнения, чтобы сделать то же самое. Однако надо хорошо знать форму записи команды, тогда Вы сможете помещать её в MACro файл, если захотите.

Работа DWG программы нарисует всю оптическую систему и автоматически включит поверхность изображения при условии, что задний фокальный отрезок не превышает всей толщины оптической системы, измеренной от первой поверхности. Рассчитанные лучи чертятся для края поля зрения. Так как задний фокальный отрезок этой оптической системы превышает её полную толщину, то в этом случае мы должны включить поверхность изображения и убедиться, что она изобразилась на графике.

Мы указали для масштаба (scale factor) значение (0), потому что номера поверхностей (1 99) должны войти в обозначение 3-й и 4-й команд DWG. Так как программа не может иметь, более 99 поверхностей, этот ввод будет рисовать всю оптическую систему, а так как масштаб явно не указан (0), то программа в результате расчета изменит масштаб на 3.448. Работа DWG выдаст сообщение относительно зрачка, $BAR = 1.0$ (полное поле зрения), так как данная оптическая система имеет введенную пользователем команду CAO (требование полной апертуры), которая виньетировывает зрачок под этим углом поля зрения. В этом случае DWG программа автоматически изменяет размер зрачка так, чтобы указанные лучи прошли через оптическую систему. (Указываются выключатели, которые могут изменить это положение, если Вы находитесь в диалоге MSS, и выбираются графические варианты.)


Через минуту мы посмотрим эту картину на полном экране, но сначала (это удобное время), укажем на некоторые другие возможности SYNOPSIS. Для данного триплета Вы напечатали значение CAO для каждой поверхности, что не требуется вообще. Программа сама проведет необходимые расчеты, очистит апертуру для каждой поверхности, исследует ход нескольких лучей, и CAO обнаружатся при внесении в список CAP по сообщению Soft CAO вместо User CAO. В этих двух случаях делается по-другому: расчет CAO игнорируется, когда программа ищет виньетирование. Данная оптическая система уже была виньетирована и без CAO, однако из-за тонкого края зрачок будет указан, в этом случае, в DWG. Если Вы хотите, чтобы DWG проследила за полным зрачком, не принимая во внимание тонкий край CAO, то Вы можете задать в RLE или CHG файлах (или выбирать в SYS диалоге) выбор режима NOVIG или поворот выключателя 65. По мере необходимости Вам будут представляться варианты заданий, чтобы показать, как ими пользоваться.

Напечатайте **MPL**, и щелкните кнопкой DWG или напечатайте только **DWG** в Окне Команды. Результат один и тот же Графическое Окно покажет Вашу оптическую систему.

Работа DWG, которой Вы только что сделали рисунок оптической системы, показывает профиль Y-Z каждого элемента и подходящую для линз двустороннюю симметрию. Если Вы хотите посмотреть эту систему с наклонами или децентрировками, то имеется достаточное количество рисующих программ, которые дают перспективные рисунки с изменяемым или постоянным положением оптической системы в пространстве (PER, SOLID и RPER, которые объясняются в Главе 7 этого справочника).

Вы можете сохранить Ваш график командой **SPL** с указанием желаемого названия, которое будет задано. Чтобы вернуться в исходное положение, после того, как файл сохранен, используйте команду **GPL** и задайте то же самое имя файла, или воспользуйтесь диалогом **MWP**, который вносит в список все сохраненные файлы графиков.

Библиотека оптических систем

Программа SYNOPTSYS имеет библиотеку оптических систем, объём которой десять вариантов. Вы можете также сохранить любое число вариантов оптических систем в форме MACro ввода, по командам **SAVE** и **FETCH** или кнопкой  верхней панели инструментов, однако, библиотека это наиболее удобное место, для размещения рабочей копии. Команды библиотеки:

PLB Печать содержания библиотеки

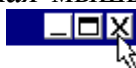
STORE

[NB]

GET NB

DLL [NB] Удаление внесенного в список библиотеки (удаление оптической системы из библиотеки).

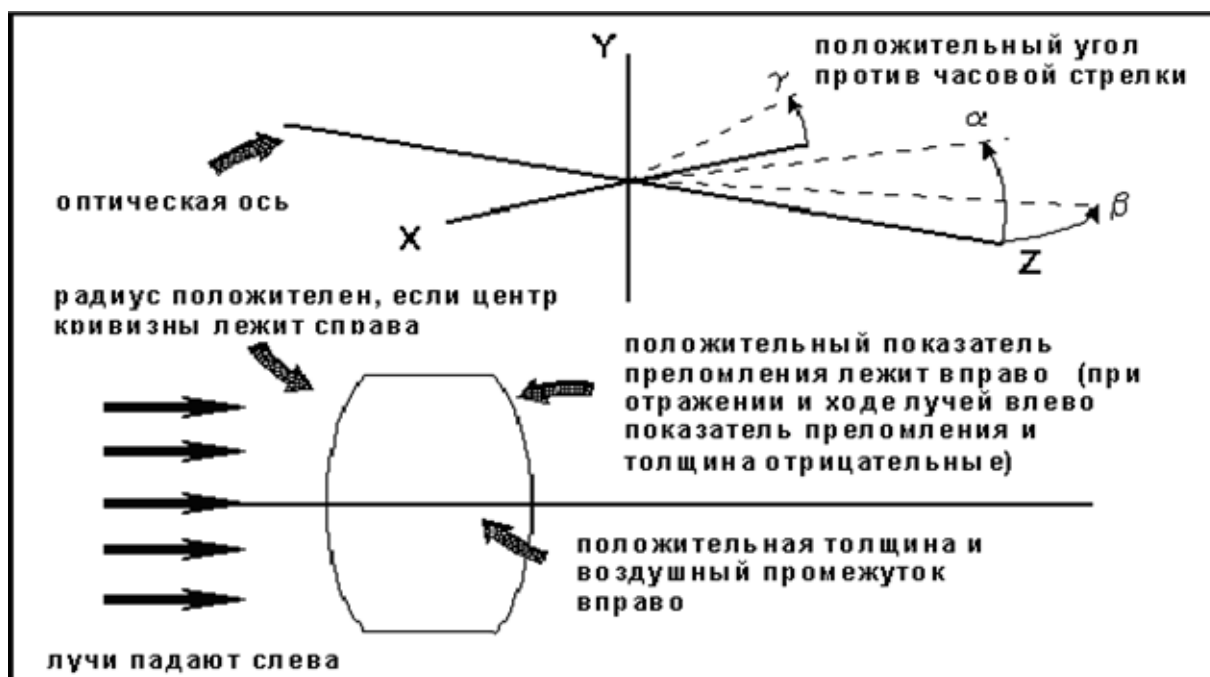
Для сохранения триплета сначала вызывают **PLB**, чтобы проверить, что находится в библиотеке в настоящее время. Если ничего ценного в первом положении нет, то Вы можете ввести **STORE 1**. После этого вызовите **PLB** и проверите, находится ли Ваш триплет там. Попробуйте диалог **MLB**, где Вы можете хранить и вызывать оптические системы, щелкая мышью. После этого

напечатайте команду **EXIT** или щелкните кнопкой  для выхода из SYNOPTSYS.

Глава 3

Файл оптической системы

Вы научились задавать данные для оптической системы типа триплет, давайте теперь обсудим некоторые из вариантов, наиболее часто используемых в этом типе ввода. Прежде всего, определим систему координат и правило знаков, так как они являются исходными для всего остального. Основные координаты определены следующим образом:



Вы уже видели одно из правильных описаний объекта, использованное для триплета. Сейчас настало время, попробовать SYS диалог или PUPIL WIZARD, где координаты объекта могут быть просто введены в таблицу данных. Команда PUPIL WIZARD особенно полезна, так как соединяет в одном диалоге все параметры, которые влияют на определение входного зрачка. Напечатайте MPW для доступа в этот диалог, или воспользуйтесь меню WIZARD PUPIL WIZARD.

При расчёте X-координат параксиального зрачка принято, что затем также определяются Y-координаты. Если Вы захотите вводить другие координаты, то сначала должны исключить это условие. Это делается в RLE файле выбором

RPUPIL.

Изменяя условие, указывают на использование

CPUPIL.

Приведённая ниже диаграмма, показывает некоторые другие описания, из которых Вы должны выбирать и которые Вы можете помещать в RLE файл:

```

OBA TH0 YPP0 YMP1 [ YPP1 [ XPP0 [ XPP1 [ XMP1 ] ] ] ]
OBV UMP0 UPP0 YMP1 [ YPP1 [ YPP0 [ XPP1 [ XMP1 ] ] ] ]
OBC TH0 UPP0 YMP1 [ YPP1 [ YPP0 [ XPP1 [ XMP1 ] ] ] ]
OBG WAIST RBS.

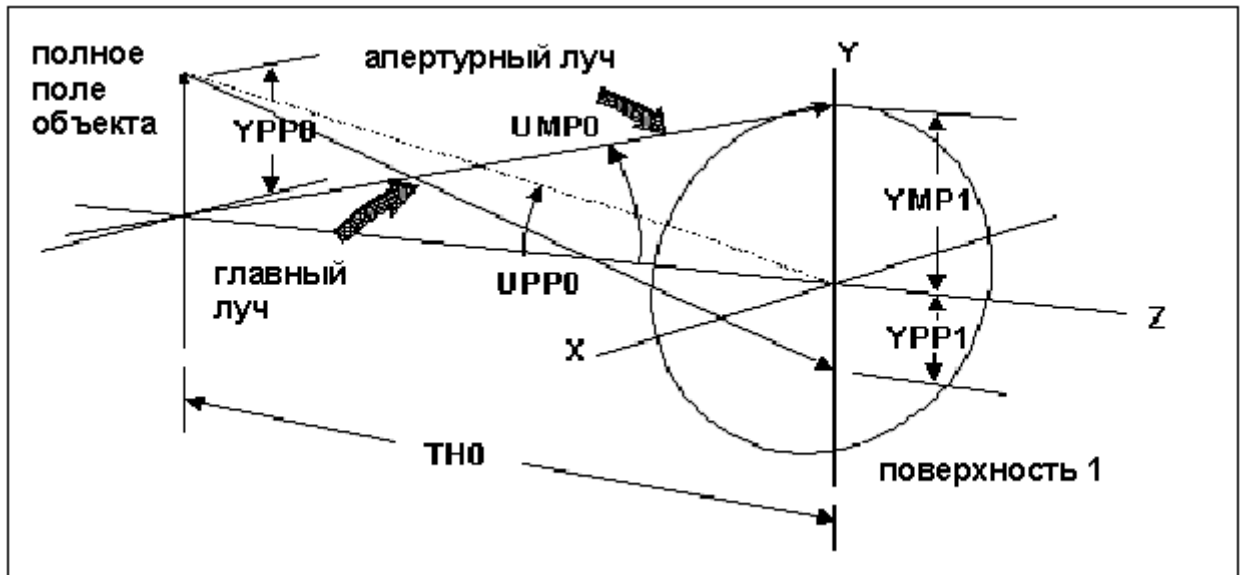
```

Имеется ещё один набор описаний объекта, который требует двух линий ввода. Вы должны выбрать один из вариантов задания ОБЪЕКТА, сопровождаемый одним из вариантов РЕКОМЕНДАЦИИ. Они показаны ниже.

OBJECT FINITE TH0 YPP0 XPP0
OBJECT INFINITE UPP0 YPP0

REFERENCE ANGLE UMP0 YPP1 VMP0 XPP1
REFERENCE HEIGHT YMP1 YPP1 XMP1 XPP1

Все параметры определены в Y-Z плоскости на рисунке.



Вы видите на диаграмме, для ОБВ линии все три обязательные и не обязательные аргумента. Новый взгляд на ввод параметров оптической системы триплета - идентификация введенных аргументов. Формат ОВА, прежде всего, используется для объектов расположенных на конечном расстоянии, а ОВГ для ввода Гауссова пучка, который мы пока рассматривать не будем. Параметры, определенные в X-Z плоскости (обозначенные на X и их названия), обозначают то же самое в Y-Z плоскости.

Независимо от объекта, ввод, который Вы выбираете, обеспечивает некоторую основную информацию, необходимую программе для расчета лучей. Существуют другие способы определения этой информации, и некоторые из них не требуют ввода описания объекта. Но Вы должны определить, каким-либо способом, три фундаментальных параметра, необходимые для работы программы: YPP0, YMP1 и YPP1.

Когда соответствующие значения YMP1 и YPP0 определены, то они приравниваются, соответственно, полной апертуре и полному полю зрения для всех других работ SYNOPSIS. В SYNOPSIS нет специального ввода для расчёта полевых углов, которые необходимы для оптимизации или анализа изображения; Вы просто определяете желаемую дробную часть поля зрения и апертуры, когда вводите одну из команд, определяющих ход лучей.

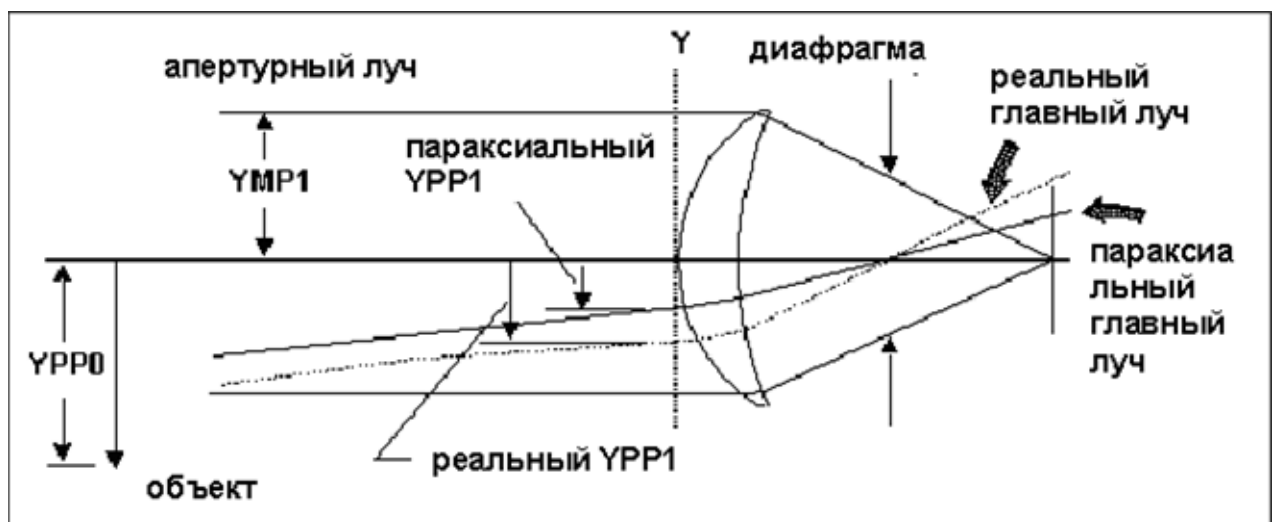
Поэтому Вы и имеете возможность задать такое количество полевых углов, какое необходимо для данной оптической системы. Когда программа производит расчёт, например, полной апертуры, то рассчитываются несколько

лучей для края зрачка, наибольшего поля зрения и выбирается наибольшая апертура для каждой поверхности.

В дополнение к описанию объекта, имеются разнообразные необязательные способы описания апертурных и полевых пучков лучей, которые задают важные параметры реальных и параксиальных лучей, определения размера и положения зрачка. Это, вероятно, единственно сложный вопрос в SYNOPSIS, так как он является наиболее сложным вопросом в оптике. Но как только Вы поймете основы, то сможете всегда пользоваться Pupil Wizard, чтобы задавать вашу оптическую систему должным образом.

Диафрагмы и зрачки

На рисунке ниже показано схематическое изображение гипотетической линзы с диафрагмой после линзы. Основные параметры показаны.



Луч, который проходит через центр поверхности диафрагмы, называется главным лучом (я также использую термин "руководящий луч", когда он задан для дополнительных длин волн). Высота главного луча - высота пересечения луча с плоскостью при вершине первой поверхности, задаётся командой Y_{PP1} . Когда программа просчитывает любой луч, она сначала должна знать, как сделать так; чтобы просчитать главный луч, например, как направить луч в точку, с координатой заданной Y_{PP1} . Если эта точка была получена из расчета параксиального хода лучей, то реальный луч может пройти мимо центра диафрагмы из-за сферической аберрации в зрачках. В этом случае необходимо вычислить Y_{PP1} для реального хода лучей, что делается методом повторных приближений (итераций), и вычисление занимает много времени. Это обычное положение, которое требует, чтобы значение Y_{PP1} было введено пользователем или расчетом хода параксиального луча.

Этот приём называется **выбором реального зрачка** и описан в последующих разделах наряду с другими выборами зрачка.

Выбор параксиального зрачка

Самое простое описание объекта вводится значениями трех параметров: YPP0, YMP1 и YPP1 - считается основным. Это называется параксиальной аппроксимацией зрачка. Параксиальный зрачок может быть введен тремя другими способами в RLE или CHG файлы:

YPP1	Определяется из расчёта параксиального луча до центра диафрагмы (ввод: APS SN)
YMP1	Рассчитывается как проекция прямой на край диафрагмы (ввод: FILLSTOP)
YPP0	Рассчитывается как проекция прямой на край изображения (ввод: FFIELD)

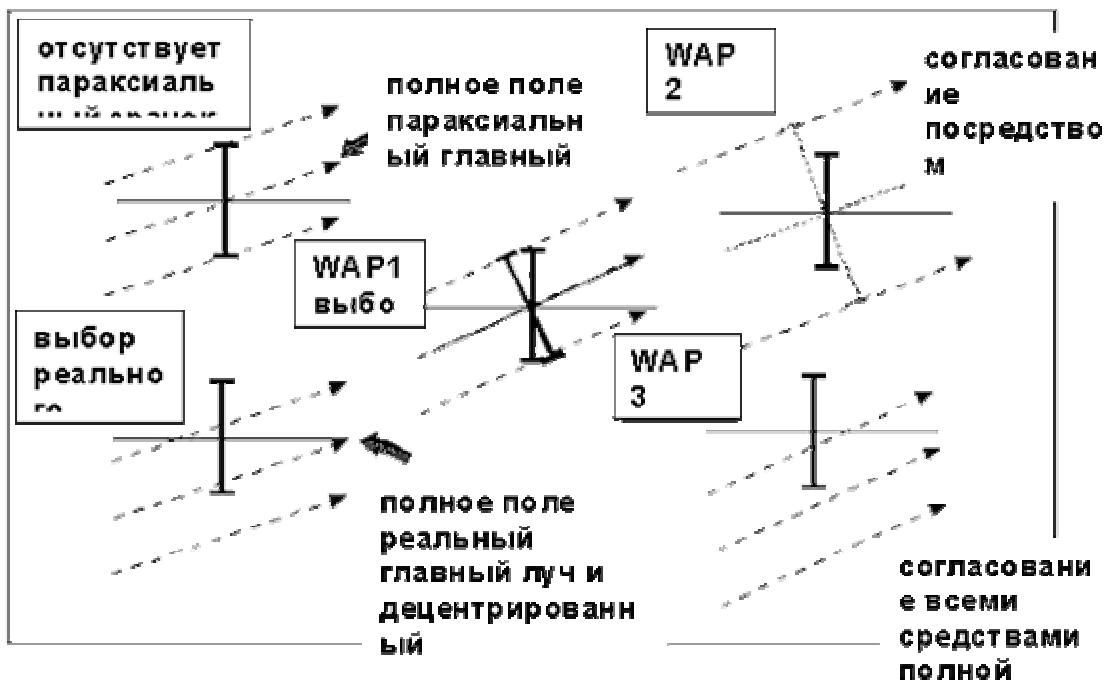
Обратите внимание, что последние два ввода требуют введения пользователем полной апертуры для диафрагмы или поверхности изображения, соответственно.

Выбор зрачка по реальному лучу

Существует несколько вариантов задания формы и положения зрачка, которые основываются более на расчёте реальных лучей, чем на параксиальных лучах. Я упомянул реальный выбор зрачка, который управляет положением главного луча. Это определяется отрицательным числом при вводе поверхности APS, типа "APS-3". Имеются также другие команды, которые управляют размером и формой зрачка. Первая команда называется WAP 1 (для зрачка с большим углом поля зрения), которая просто перемещает зрачок для каждого полевого угла так, чтобы он был перпендикулярен к главному лучу более чем к оптической оси.

Другая команда, WAP 2, регулирует (приспосабливает) значение YMP1 (и XMP1 в X-Z плоскости) так, чтобы пучок только проходил на границе диафрагмы, увеличивая апертуру в обе стороны вверх и вниз. Главный луч в этом случае, определен как центральный луч зрачка конечной эллиптической формы, и он не пойдёт точно через центр поверхности диафрагмы из-за наличия комы в зрачке.

Этот вариант требует большего количества расчётного времени, чем ранее описанные, так как время поиска определяется числом итерации. Этот способ рекомендуется только для случаев, где замены зрачка сортируются по величине зрачка совместно с полевым углом. Это условие требует, чтобы лучи направлялись на край поверхности диафрагмы, физически просчитывались до диафрагмы без полного внутреннего отражения и т.д., но не учитывает другие полные апертуры. (После того, как зрачок определен, другие апертуры могут виньетировать лучи, если они проходят за острым краем линзы.) Три выбора WAP показаны ниже.



Виньетирование

Все вышесказанное связано с определением входного зрачка, который является проекцией апертурной диафрагмы через оптическую систему в пространство объектов (предметов). Вообще, оптическая система может иметь полные апертуры на других поверхностях, помимо диафрагмы, и они также могут виньетировать пучки лучей.

Как упомянуто в Главе 2 SYNOPSIS, имеется выбор между системами VIG и NOVIG, которые определяют виньетирование. Когда программа просчитывает лучи для анализа изображения, то заполняет зрачок выбранным образцом и затем отказывается от тех апертур, которые ввел пользователь. В случае зрачка, определенного WAP 3, выбор самого зрачка основан на лучах, которые увеличивают эти апертуры. Зрачок уменьшен прежде, чем введен в оптическую систему. Дополнительные лучи отсекаются от пучка в режиме VIG, если они проходят за острым краем линзы где-либо в системе.

Приблизительное задание зрачка

Другой вариант выбора зрачка поможет Вам определить его в тех случаях, где другие способы не применимы. Иногда удобно задать программе произвольное значение зрачка Y , как функцию полевого угла, с заданным значением виньетирования. Это может быть сделано на этапе задания, используя команду VSET, и тогда программа оптимизации не будет исправлять лучи вне приведенного зрачка. Подобная команда CSET может быть использована для данной оптической системы. Другой, более мощный, инструмент - команда VFIELD, которая позволяет Вам определять тип виньетирования, и тогда Вы сможете задавать её как явную функцию полевого угла.

Использование выбранного зрачка

Так как выбор диафрагм и зрачков сложен, то большое количество доступных вариантов могут запутать новичка. Вы можете посмотреть в Pupil Wizard, где ясно описаны все варианты. Чтобы помочь Вам понять, как вводить оптическую систему в MACS или в режиме команды, позвольте мне обобщить этот раздел и указать, чем одни варианты лучше других для данной оптической системы.

Если оптическая система допускает параксиальный выбор зрачка, то он предпочтителен, так как выполняется быстрее других. Это все оптические системы с малым углом поля зрения и с диафрагмой перед первой поверхностью. Параксиальная диафрагма может быть определена вводом APS без потери эффективности. Чаще всего ограничение размеров реального зрачка, вызвано наличием аберраций в зрачке. Это легко обнаружить; если только проследить ход главного луча и проверить высоту пересечения его с плоскостью диафрагмы:

RAY 2 1 0 0 SURF (ЛУЧ 2 1 0 0 ПОВЕРХН)

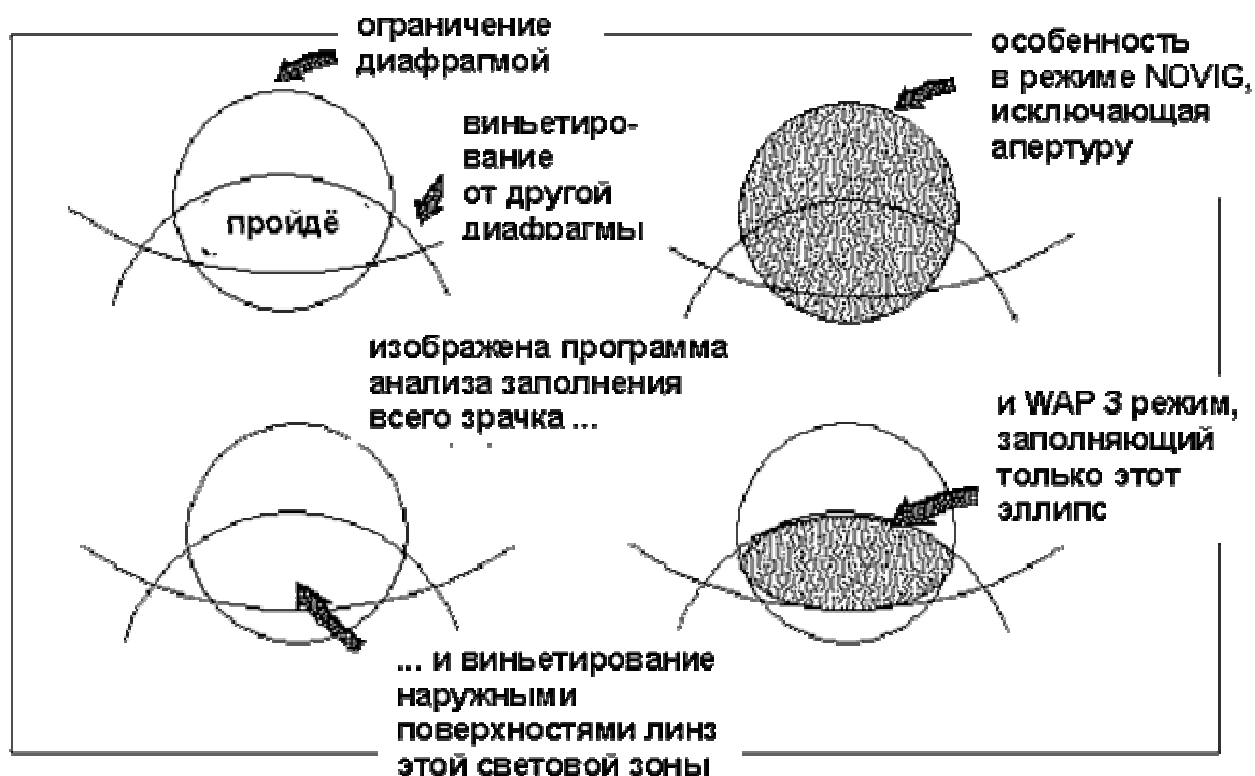
Если высота луча на диафрагме не равна 0, то Вы должны задать оптической системе команду CHG и перейти к выбору реального зрачка.

Следующая проблема состоит в том, что диафрагма может находиться выше или ниже оптической оси. Проследите просто верхние и нижние лучи, чтобы получить положение диафрагмы или высоту на ней, как описано в следующей главе (лучше это сделать командой MFP). Если размер зрачка не соответствует желаемому, тогда необходимо использовать один из WAP выборов.

Имеется много не явных положений, которые новичок часто не видит.

Например, в ходе оптимизации оптической системы, необходим зрачок по WAP 2, это случается, когда требуемое CAO на диафрагме меняется от изменения других параметров. Чтобы позволить размеру зрачка самостоятельно регулироваться, CAO должно непрерывно обновляться, как корректировка задания. Эта функция задаётся командой программы CSTOP (в RLE или CHG файлах), которая регулирует (приспосабливает) CAO, чтобы следовать за вычисленной на диафрагме параксиальной апертурой.

Предположим, что оптическая система имеет форму зрачка для полного поля зрения в виде кошачьего глаза, как показано в верхней части, приведённого ниже рисунка. Зрачок имел бы круглую форму, если бы диафрагма являлась единственной поверхностью CAO. Но если другие поверхности будут также виньетировать полную апертуру, то фактически пропускать лучи будет только часть зрачка.



В SYNOPSIS много возможностей заполнения зрачка, выбранным излучением и способов анализа изображения. В расчете по режиму VIG, программа отказывается от любых лучей, которые проходят за введенными пользователем полными апертурами или острыми краями в системе. Другие положения даны на вышеуказанном рисунке. (Внимание: программа оптимизации имеет собственные правила для задания виньетирования, которые описаны в Главе 6.)

Выбор других файлов оптической системы

Мы закончим эту главу обсуждением двух часто используемых вариантов заданий системы, которые находятся в RLE или CHG файле, и обсудим разнообразные способы задания кривизны и толщины. Иногда полезно определить положение изображения, которое слегка смещено относительно параксиального положения. Это выполняется командой

BTН NB (Параметр - дефокусировка)

Где NB - величина линейного смещения плоскости установки. Для расчёта по BTН команде Вы должны также задать значение YMT, которое определяет последний воздушный промежуток. Чтобы перемещать плоскость изображения на 0.01 мм, например, Вы должны задать в файле оптической системы "BTН .01".

Если изображение находится в бесконечности, то оптическая система должна быть помещена в режим AFOCAL (афокальный). В этом случае две последние поверхности в файле оптической системы должны быть плоскими и

совмещенными. Целесообразно разместить их в выходном зрачке, но это не обязательно. В каждом положении, где программа будет печатать набор координат в пространстве изображений, они будут выдаваться в угловых единицах (радианах), вместо миллиметров. Пример афокальной системы будет описан в Главе 7.

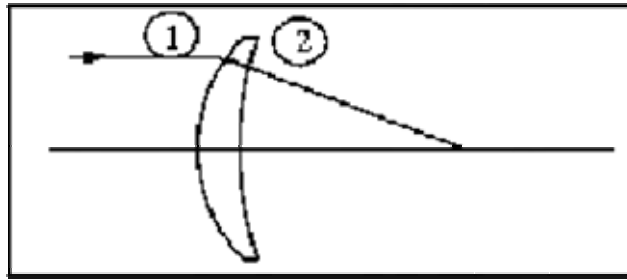
В Главе 1 Вы узнали о вводных данных для одиночной линзы (синглета). Вы не назначили численное значение для последнего воздушного промежутка, но вместо этого использовали мнемоническое обозначение "YMT", заставляя программу вычислить самостоятельно задний фокальный отрезок. Это один из параксиальных видов решений, который обеспечивает желаемое значение, регулируя обозначенный параметр.

В SYNOPSIS доступны два вида параметров, которые управляют кривизной и толщиной линзы (или воздушным промежутком). Они вводятся как данные поверхности, типа "6 YMT 0". Список, приведенный ниже, дает восемь видов мнемонических обозначений параметров, определенных в Y-Z плоскости. (другие шесть параметров доступны для вычислений в X-Z плоскости):

	The names are coded so as to be easy to remember
<div> <div> <div>UMC NB</div> <div>UPC NB</div> <div>YMC NB</div> <div>YPC NB</div> <div>APC</div> <div>CCC</div> </div> <div> <div>}</div> <div>curvature solves</div> </div> </div>	<div> <div>U is a paraxial angle</div> <div>Y is a paraxial height</div> <div>M is the marginal ray</div> <div>P is the principal ray</div> <div>C designates a curvature solve</div> <div>T is a thickness solve</div> </div>
<div> <div> <div>YMT NB</div> <div>YPT NB</div> </div> <div> <div>}</div> <div>thickness solves</div> </div> </div>	

YMT употребляется самостоятельно и указывает, что толщина должна изменяться так, чтобы высота Y крайнего луча на следующей поверхности была бы равна аргументу NB, или нулю в случае одиночной линзы. Точно так же кривизна изменяет форму при "UMC 0" и гарантирует, что крайний луч будет выходить из поверхности под углом $UA = 0$ или параллельно оптической оси. Это обычный способ управления расходимостью (дивергенцией) пучка в афокальной системе. UPC решает и другую задачу - создание телецентрической системы, в том случае, если указанное обозначение будет нулевым.

Две другие кривизны указывают форму поверхности и задаются мнемоническими обозначениями APC и CCC. Первая называется апланатической поверхностью, а вторая концентрической поверхностью. Например, у линзы на рисунке ниже:



Поверхность 2 может быть задана апланатическим вводом "2 APC" в файле оптической системы, в то время как ввод "2 CCC" будет задавать эту поверхность концентрической относительно главного луча (на рисунке не показан). Эти два задания имеют некоторые ограничения. Они не имеют смысла, если высота параксиального луча на требуемой поверхности равна нулю. Апланатическая поверхность вырождается в плоскость и пучок лучей в этом месте не сходится (не коллимируется). Возможно также управление кривизной участка конической поверхности.

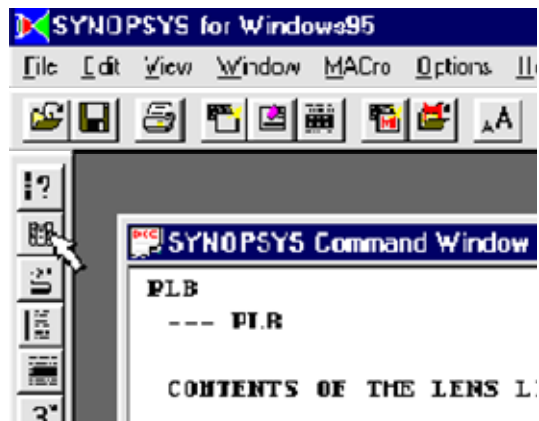
Эти заключения, вероятно, показались Вам несколько сложными. В следующей главе Вам будет несколько интереснее. Она описывает больше основных команд, подробнее обсуждает управление диалогом интерфейса SYNOPSIS и исследует некоторые из работ программы по анализу изображения.

Глава 4

Анализ оптической системы и ее изображения

В этой главе Вы выполните разнообразные задачи анализа триплета, который сохранили в библиотеке оптических систем в конце Главы 2, без использования вводных команд. Некоторые пользователи, а такие имеются, *ненавидят* задавать систему языком команд. Если Вы - один из них, то прочтите эту главу.

Сначала, введём оптическую систему. Не напечатайте **GET 1** - это команда. Вместо этого, щелкните кнопкой на боковой панели, которая откроет доступ к библиотеке:



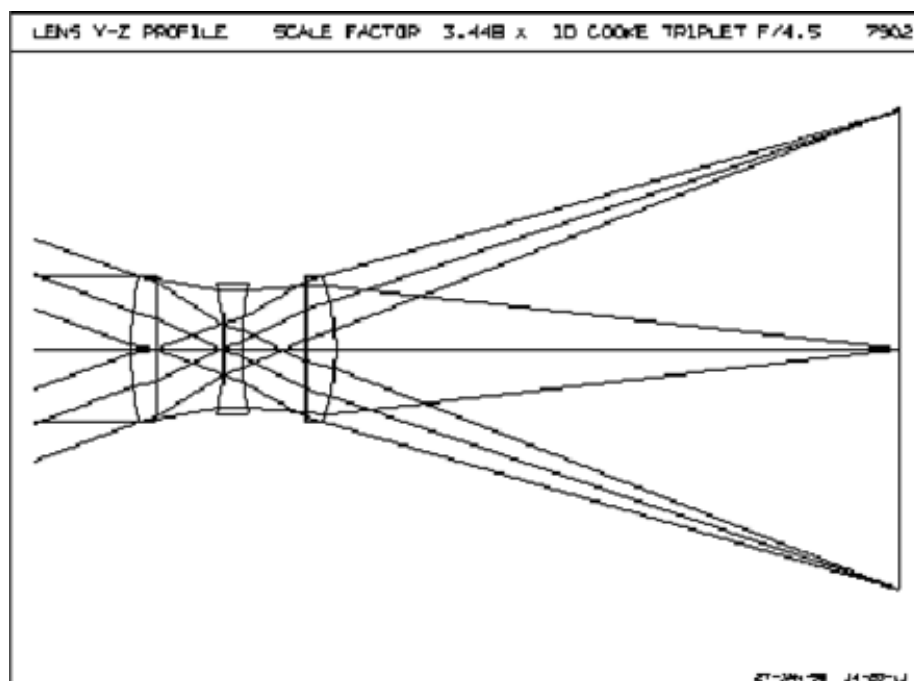
Потом щелкните на оптическую систему ID в положении 1:

MLB -- Lens Library Functions	
Lens No.	Identification
1	ID COOKE TRIPLET F/4.5
2	*** EMPTY LOCATION ***
3	*** EMPTY LOCATION ***
4	*** EMPTY LOCATION ***

И затем щелкните кнопкой ОК. Далее сделайте рисунок, щелкнув кнопкой на боковой панели



И ваш рисунок появится на экране



Если Вы вызвали **MPL** меню, то нажимали бы на боковой панели, потому что эта кнопка была присвоена диалогу вместо команды **DWG**. (См. Главу 2 с объяснением того, как это действует.)

Давайте получим ход осевого апертурного луча через эту оптическую систему, и исследуем пункт меню "EZ Menus". Щелкните здесь и следуйте за "деревом" меню следующим образом:

EZ Menus|Menu Tree|Geometric Image Analysis|MRR

Когда Вы увидите MRR диалог, нажмите на кнопку "RAY" это присвоит в таблице численное значение дробной части Y-апертуры. Ниже приведён полученный результат.

INDIVIDUAL RAYTRACE ANALYSIS

```

FRACT.  OBJECT HEIGHT          HBAR   0.000000          GBAR
0.000000
FRACT.  ENTRANCE PUPIL COORD.  YEN    1.000000          XEN
0.000000
COLOR NUMBER                                2

```

		RAY VECTORS				(X DIR TAN)	(Y
DIR TAN)							
SURF	X	Y	Z	ZZ	HH		
OBJ	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	5.555000E-		
12							
1	0.000000	5.555000	0.730235	0.000000	-0.101582		
2	0.000000	5.438130	-0.119267	0.000000	-0.195042		
3	0.000000	4.494482	-0.536186	0.000000	-0.023404		
4	0.000000	4.442063	0.453551	0.000000	0.090533		
5	0.000000	4.851000	0.035838	0.000000	0.050029		

```

6      0.000000    4.924743   -0.740160    0.000000    -0.111806
IMG    0.000000    0.007158    0.000000
Type to return to dialog.
SYNOPSIS AI>

```

АНАЛИЗ ХОДА ОТДЕЛЬНОГО ЛУЧА

```

Часть высоты объекта                                BAR    0.000000
GBAR
0.000000
Часть координаты входного зрачка                    YEN    1.000000    XEN
0.000000

```

НОМЕР ДЛИНЫ ВОЛНЫ (НОМЕР ЦВЕТА) 2

```

ПОВЕРХ-      ВЕКТОРЫ      ЛУЧА      (X-НАПР. TAN)  (Y-
НАПР. TAN)
НОСТЬ      X      Y      Z
      HH

```

```

ОБЪ      0.000000
5.555000E-12
1      0.000000    5.555000    0.730235
0.000000    -0.101582
2      0.000000    5.438130    -0.119267
0.000000    -0.195042
3      0.000000    4.494482    -0.536186
0.000000    -0.023404
4      0.000000    4.442063    0.453551
0.000000    0.090533
5      0.000000    4.851000    0.035838
0.000000    0.050029
6      0.000000    4.924743    -0.740160
0.000000    -0.111806
IMG      0.000000    0.007158    0.000000
Тип (<ВВОД>), возврат к диалогу.
SYNOPSIS AI >

```

Примите совет, для ускорения работы наберите: Type <ENTER> (<ВВОД>) для возврата к диалогу. Нажав <ENTER>, Вы автоматически возвратитесь к тому же самому диалогу. Вы часто будете повторять свои последние действия, изменяя масштаб или ещё кое-что, и это делается просто без нового вызова "дерева" меню. Если Вы напечатаете что-нибудь другое вместо <ENTER>, то программа выполнит другую команду ввода.

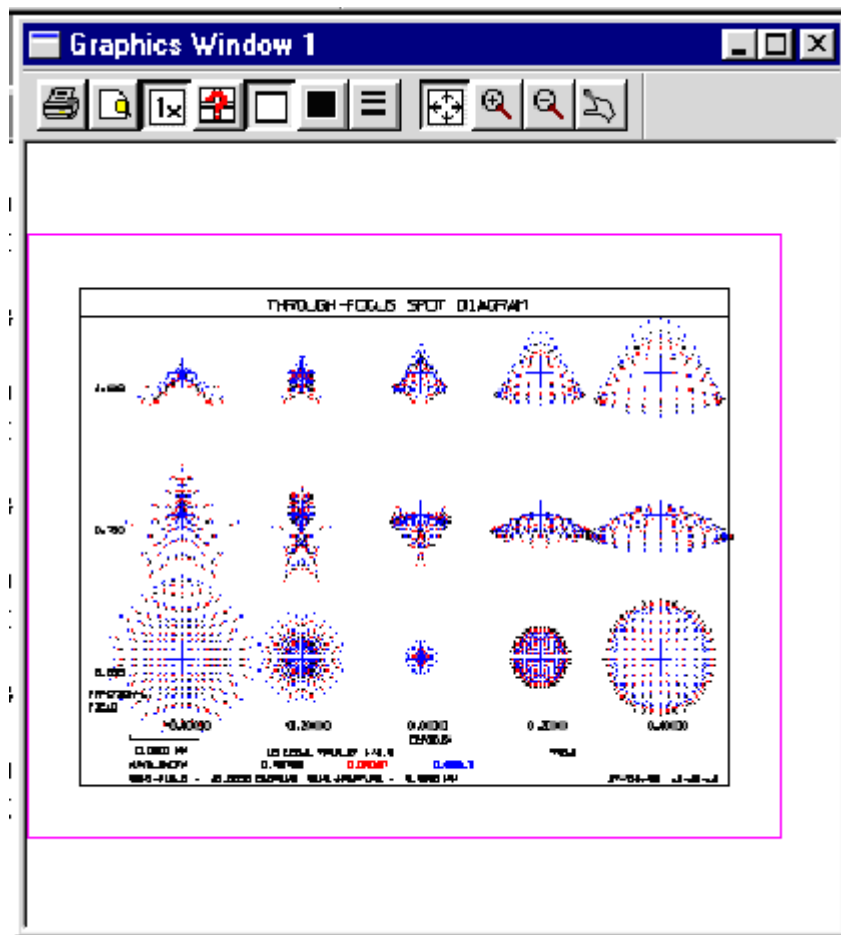
Обратите внимание, в Окнах имеются некоторые символы. Если вы открыли диалог, но не хотите управлять им, то Вы можете нажимать только <Esc> ключ. Это то же самое, что и нажатие отменяющей кнопки. Если Вы имеете окно большого размера, открываете новое графическое окно и желаете указать прежний размер для вашего нового рисунка, то **не закрывайте** окно. Вы можете задать нужный размер, щелкая на уменьшающую кнопку. Новый рисунок получится требуемого размера (Options|Graphics|Reuse Graphics Window).

Давайте сделаем диаграмму абберационного пятна для "точки на оси". Щелкните кнопкой MGI, которая направит Вас к MGI диалогу, выполняющему

геометрический анализ изображения. Я не хочу указывать Вам на этот раз символ кнопки. Вы должны научиться находить её сами. Даю намек: она находится на боковой панели, и напоминает лучи, сходящиеся в фокус и затем расходящиеся из него, символьное обозначение "MGI".


Щелкните ей, и затем щелкните кнопкой на MGI диалоге, который открывается и показывает "MTS". (Если Вам не труден ввод языком команд, то можете напечатать только MTS, чтобы оказаться там гораздо быстрее.)

Числа, которые SYNOPSIS поместил в таблицу данных, не совсем подходят для этой оптической системы. Измените таблицу "Scale/inch" ("Масштаб/дюйм"), чтобы читалось в "Scale/inch" число .05 и в "Defocus Amount" число 0.2. Щелкните ОК, и Ваша диаграмма абerrационного пятна для "точки на оси" появляется в Графическом Окне. (Эта и некоторые другие работы будут также выполняться, если Вы введёте масштаб равным нулю; в этом случае программа сама найдёт для Вас разумный масштаб расчёта.)



Потяните за угол этого окна, чтобы увеличить его размер, и затем щелкните кнопкой "Black Background" ("Черный Фон"). Рисунок будет выглядеть намного лучше. (Вы можете также сделать расчёт, набрав Options|Graphics|Black Background.) Щелкните кнопкой "PRINT". Ваша твердая (бумажная) копия будет иметь белый фон. Абerrационное пятно на рисунке очень маленькое. Некоторые принтеры могут делать *очень* маленькую точку, но, возможно Вы,

захотите увеличить её. Щелкните кнопкой "Pen Width" ("Ширина Ручки"), выберите большее значение и сделайте другую бумажную копию. Попробуйте кнопку "Plot Placement" ("Размещение Графика"). Она позволит Вам поместить четыре рисунка на одну страницу (однако Вы будете должны подавать бумагу 4 раза для каждого рисунка). Если Вы захотите выполнить твердую копию в полном масштабе, убедитесь, что щелкнули кнопкой "Plot Full Scale" ("График наибольшего масштаба").

Имеется большое количество вариантов ввода. Возвратимся к MTS диалогу, щелкнув на кнопку в углу, которая напоминает . Она покажет много выключателей контроля режимов SYNOPSIS, которые вызывают эту работу. Обратите внимание, что выключатель 27 в настоящее время ON (ВКЛЮЧЕН). Это заставляет абберационное пятно изображаться единой точкой. Щелкните на кнопку "OFF 27", щелкните "Apply" и сделайте снова ваш рисунок. Теперь символ точки изображён различными цветами. Если Вы делаете черно-белую твердую копию, то это единственный способ выделить цвета. Эту кнопку выключателя Вы увидите в большинстве диалогов SYNOPSIS. В Главе 5 вы узнаете о другом использовании выключателей режимов.

Большое количество вариантов AI символа

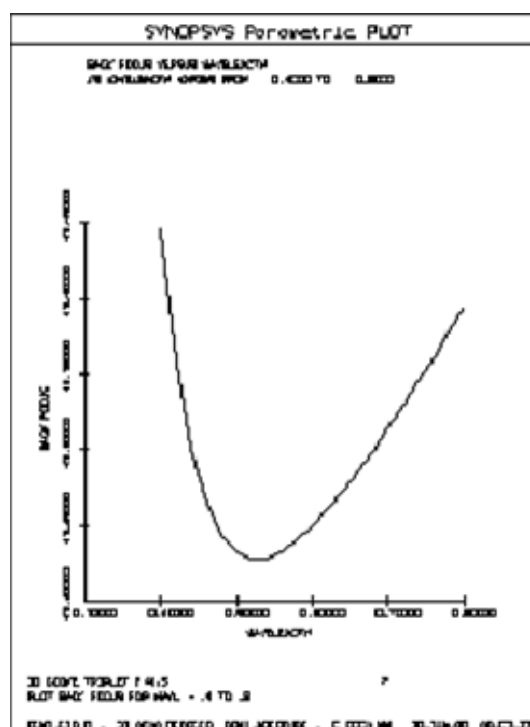
Любая последовательность знаков до трёх, сопровождаемая двоеточием и промежутком может использоваться как новая команда (кроме знака "\$", обозначающего линии *комментария* и нечитаемые программой). Вы можете составить до 100 команд, каждая из которых это задача для SYNOPSIS, или предложений AI, которые иллюстрируются следующим примером. Тип, режим команды:

```
CHG
3 GTB S
F4
END
PP: PLOT BACK FOCUS FOR WAVL = .4 TO .8
PP

CHG
3 GTB S
F4
КОНЕЦ
PP: НАЧЕРТИТЬ ЗАДНИЙ ФОКАЛЬНЫЙ ОТРЕЗОК ДЛЯ WAVL = ОТ .4 ДО .8
PP
```

Теперь мы сделаем следующее: сначала, установим код стекла для поверхности 3 триплета, затем заменим на код стекла F4 из каталога, что позволит программе вычислить новые значения показателя преломления стекла. Когда будет изменена длина волны, введём, как показано выше, символ "PP". Так как триплету задано YMT, то зададим в качестве последнего воздушного промежутка на изменённой длине волны, параксиальный задний фокальный отрезок. Когда Вы зададите новую команду "PP", AI программа изменит по шагам длину волны, вычисляя на каждом шаге, новые показатели преломления,

найдёт новые задние фокальные отрезки, и сделает график изменения заднего фокального отрезка, как функцию от длины волны. Вы не *должны*, конечно, делать символы, чтобы решать подобные частные задачи, но это полезный инструмент. Работа заканчивается графиком:



AI циклы

Вышеупомянутая команда - это пример AI цикла. В Главе 1 Вы исследовали некоторых из возможностей AI, посмотрели списки словаря на полном экране, и использовали AI, чтобы выполнить некоторые изменения параметров оптической системы. Выполнение циклов это одно из главных достоинств AI, так как позволяет Вам печатать или определять разнообразные параметры как функции друг от друга или от третьего параметра. Вы только что создали команду, "PP", она является циклом для "WAVL = от .4 ДО .8". Несколько форматов обозначают циклы, типа:

...as...varies from...to...	...как ... изменяется от ... до
for... equals ... to...	для ... равняется ... до...
plot...vs...for... = ...to...	готовьте ... против ... для ... = ... к ...

В примере команды PP, программа изменит длину волны от 0.4 мкм до 0.8 мкм, сделав 20 шагов (предоставляя данные для 21 точки). Вы можете изменить число шагов расчёта, вводя в AI предложение типа

STEPS =100. ШАГИ =100.

Вы можете также изменять алгоритм (оригинал, исходные данные), масштаб и аннотацию этих графиков. Аннотация, которую Вы видите, была принята автоматически от вводного предложения. Давайте переделаем этот график для других обозначений.

```
olabel = "clearance"  
ALAB IS 'WAVL, uM'  
AGAIN  
END
```

```
olabel = "проведение расчетов"  
ALAB - ' WAVL, uM '  
СНОВА  
КОНЕЦ
```

Имеется несколько синонимов, которые Вы можете использовать.

OLABEL = ...	OLABEL = ...
label of ordinate is ...	Обозначение ординаты - ...
ordinate label equals	Обозначение ординаты равно

То же самое для обозначения абсциссы. Команда "AGAIN" ("СНОВА") изменяет график, а "END" ("КОНЕЦ") показывает на экране это сообщение AI.

Предложения типа:

SCALE = .1 BY .05	МАСШТАБ = 0.1 по Y 0.05
ORIGIN IS .3, 43.2	ОРИГИНАЛ 0.3, 43.2

изменяют масштаб по координатам (X, Y) , зададут размер в дюймах или алгоритм для требуемых значений.

Если Вы изменили масштаб или алгоритм, то эти значения останутся в силе, пока Вы не измените их снова. Чтобы вернуться к расчетным значениям, введите

SCALE = 0 BY 0.	МАСШТАБ = 0 по Y 0.
-----------------	---------------------

Так как масштаб для ноля не определяется, то расчёт производится еще раз. Имеются другие варианты AI циклов при использовании MACro, который более гибок в задании. Это Вы увидите в Главе 5, а пока мы исследуем несколько работ по анализу изображения.

Работы по анализу изображения

Вы, вероятно, устали от примеров, приведённых выше, потому что обычно SYNOPSIS имеет несколько способов выполнить одну и ту же задачу. В предыдущих разделах вы изучили несколько вариантов команд и часть их уже использовали:

- Ввод команды в режиме реального времени;
- Ввод команды в MACro;
- Щелчок кнопкой в диалоге;

- Формирование новой команды с желаемым мнемоническим обозначением и аргументом.

Теперь я опишу несколько работ по анализу изображения, большинством, из которых можно управлять, используя вышеуказанные методы. Для ускорения процесса, я покажу Вам команды, работающие в реальном масштабе времени. Эти команды выполняются "автоматически" в разделе анализа изображения SYNOPSIS, в чём Вы быстро убедитесь

IMAGE>. ИЗОБРАЖЕНИЕ >.

Вы можете ввести не обязательную команду IMAGE, чтобы быстро войти в раздел, однако обычно в этом нет необходимости.

Графики следов лучей на поверхности

Давайте сделаем график следа луча, показывающий точку пересечения луча с предыдущей поверхностью линзы. (Если Вы предпочитаете использовать диалог MFP, то процедуры задачи вводятся автоматически, но имеется и форма команды.) Напечатайте следующее:

PLOT 6 10	График на поверхности 6, в 10-х кратном масштабе
TRACE 2 1 0 200	Проследить 200 лучей на длине волны 2 для полного поля зрения
END	Конец, рисовать картину.

Имеется общий формат задания графика следа:

```

PUP { 1
      2  NXR NYR
      3  NRYS
      4  NRYS
    }

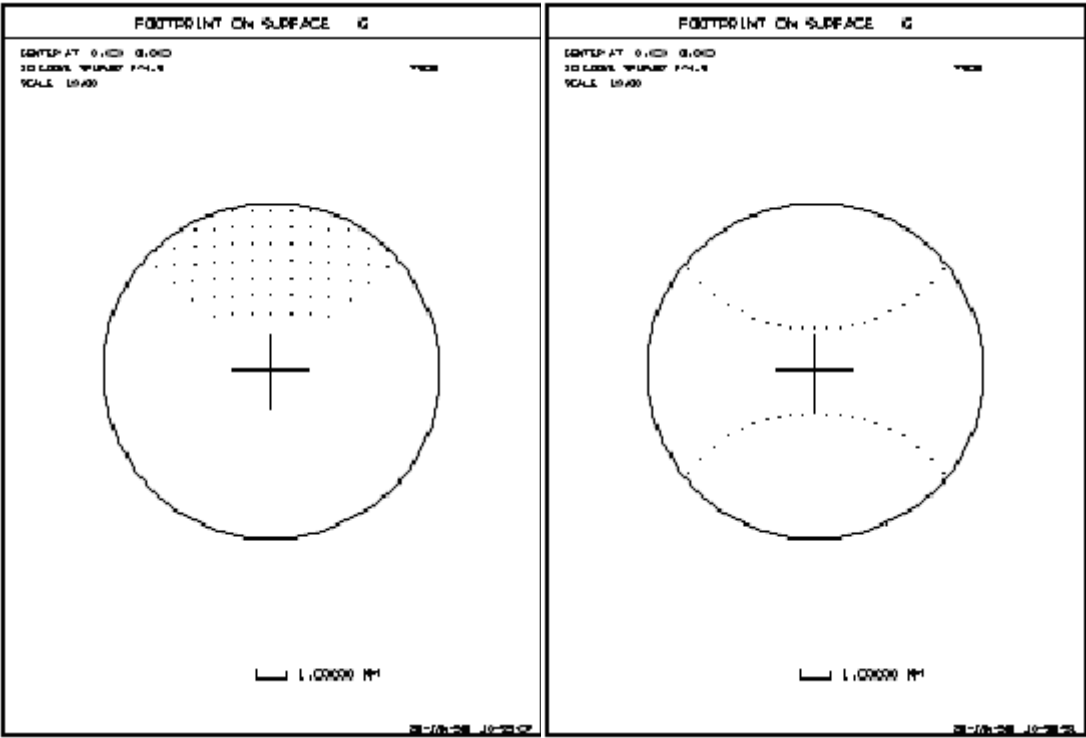
PLOT SN TSCF { XOS YOS
                  CR
                }

TRACE ICOL HBAR GBAR NRYS [ XEN YEN ]
TRACE ...
END

```

Ввод, который Вы напечатали, чтобы сделать график следа, не включал команды "PUP", которая позволяет выбирать образец заполнения зрачка лучам. Поэтому график показывает расчёт для (PUP 1) - прямоугольной сетки, содержащей в пределах входного зрачка сетку, имеющую расчётный промежуток (ячейку), стремящуюся к величине указанной в NRYS, но не

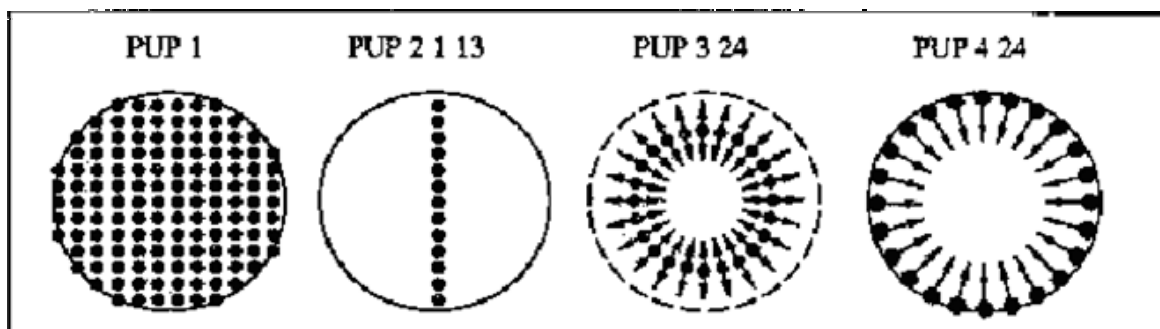
превышающей её по значению. Здесь HBAR - часть высоты объекта по координате - Y, а GBAR - то же по координате - X. Результаты показаны на рисунке ниже слева.



Из-за виньетирования края поля зрения, мы не видим требуемое число лучей. Рисунок справа, похожий на бейсбольный мяч, показывает след, полученный из следующего задания

PUP 4 40	ЗРАЧОК 4 40
PLOT 6 10	ГОТОВЬТЕ 6 10
TRACE 2 1 0 40	ПРОСЛЕДИТЕ 2 1 0 40
TRACE 2 1 0 40	ПРОСЛЕДИТЕ 2 -1 0 40
END	КОНЕЦ

Мы заказали PUP 4, задав лучи по кругу края зрачка. Четыре выбора PUP следующие: (1) - расчёт прямоугольной сетки; (2) - сетка с указанными числовыми координатами по X, и Y ("PUP 2 1 20" запрашивает сетку с 20 лучами, в меридиональной плоскости - по существу TFAN распределение); (3) - дает круг лучей NRYS, такого размера, который пройдет через систему при заданном виньетировании, при увеличении апертуры и устранении прохождения лучей за острым краем (Внимание: зрачок может стать бесконечным, если не введена апертура!); и (4) - круг, который может быть виньетирован, но не может увеличиваться. Ввод NRYS по команде TRACE будет, отвергнут любым из вариантов PUP кроме 1, так как требуемое число лучей 40, но нам требуется номер PUP больше чем 1.



Прежде чем перейти к некоторым другим задачам анализа изображения, рассмотрим более подробно ввод для графика следа. Второй пример показывает два добавленных следа, для края и центра поля зрения; Вы можете легко прибавлять к графику столько полевых точек, сколько желаете. Предположим, что Вы хотите прибавить полевые точки вправо и влево от меридиональной плоскости, используя GBAR часть команды TRACE. Если Вы захотите войти в GBAR с заданием отличным от нуля, то это не получится, потому что *оптическая система не имеет определенного зрачка*. Другими словами, чтобы использовать аргумент GBAR в любой из команд SYNOPSIS, первоначальное описание оптической системы должно содержать значения для XPO или UXPO (см. синтаксис в Главе 3).

Анализ изображения в геометрическом приближении

Теперь давайте рассмотрим некоторые из вариантов оценки качества изображения в геометрическом приближении. Используя меню, Вы делали ранее диаграмму абберационного пятна "для центра поля зрения". Давайте теперь получим единую диаграмму абберационного пятна. (Диалог для этого находится также в MGI.)

```
SPT 2 .75 200 .02          color 2,          длина
волны 2,                  .75 field,
0.75 угол поля            200 rays,
зрения,                   scale .02 mm/inch    масштаб
200 лучей,
0.02 мм/дюйм
```

Общий формат:

SPT {ICOL / M.} HBAR NRYS [SCF GBAR [YSCF]]

ICOL	Задаёт номер цвета (номер длины волны) (от 1 до 5), или "M" для полихроматического анализа (см. ниже)
HBAR	Задаёт часть поля зрения по Y-координате
NRYS	Задаёт приблизительное число лучей в абберационном пятне

SCF	Задаёт масштаб графика (единицы / дюйм). Для расчёта задайте ноль
GBAR	Задаёт часть абберационного пятна

Мы исследуем изображение работой MTF (МПФ - модуляционно- передаточной функцией) в геометрическом приближении. Имеются четыре вида MTF доступных в SYNOPSIS; они предназначены для случаев, где эффект дифракции не влияет на качество изображения. Диалог для этой работы находится в MOP.

FCO 30

GMTF 2 1 300 0 0 P

Общий формат:

[FCO FREQ]

GMTF {ICOL / M.} HBAR NRYS AWT GBAR [P]

Этот пример устанавливает максимальную частоту в 30 штр/мм и запрашивает единую полихроматическую GMTF для полного угла поля зрения. Лучше задать максимальную частоту при использовании команды GMT; иначе программа проведёт расчёт, основанный на полном размере абберационного пятна, который для GMTF может дать неудовлетворительный результат. (В случае *дифракционной МПФ*, рассматриваемого ниже, обычно задаётся максимальная расчётная частота.)

Вводные аргументы команды GMTF подобны аргументам для SPT (аргумент "AWT" - необходимый весовой коэффициент). Необязателен запрос "P" - подготовительная работа, так как иначе будет показана только таблица значений MTF. Если Вы ещё не сделали так, то введите вышеупомянутые данные.

Анализ хроматизма

Возможно, Вы озадачены аргументом, заключенным в скобки

{ ICOL / M.}

В этом примере мы указываем номер цвета (номер длины волны) для варианта "ICOL". Другой вариант, символ "M", запрашивает полихроматический (многоцветный) анализ.

Прежде, чем полихроматический анализ будет выполнен, программе нужно задать несколько цветов или длин волн. Вам необходимо задать и относительные веса каждого из них. Например, укажите:

MCOL 2 1 3
MWT 1 .5 .5

Определите набор из трех цветов, используя длины волн и показатели преломления, уже введенные в файле оптической системы. В данном случае, заданы веса 0.5 для длин волн 1 и 3 и вес 1 для основной длины волны 2. Если оптической системе заданы пять определенных длин волн, то Вы сможете вводить до пяти цветов в команду MCOL (иначе три). Если необходимо больше, чем пять длин волн, то Вы можете ввести до десяти с использованием ввода формы:

MWAV .4 .45 .5 .55 .6 .65 .7 .75 8 .85
MWT .2 .3 .4 .5 .6 .5 .4 .3 .2 .1.

Эта форма требует, чтобы каждый показатель преломления в системе был способен к перерасчету или управлялся любым из каталогов показателей преломления, в которых Вы самостоятельно задаете фиксированные значения. Если программа не может интерполировать, чтобы найти показатель преломления любого из материалов, она даёт сообщение, предупреждая, что Вы используете вариант MWAV.

Эти варианты полихроматического анализа могут также вводиться в диалог; напечатайте команду MMC, и щелкните кнопкой в любом из других диалогов анализа изображения, и они переадресуют Вас к нужному анализу.

Обратите внимание, что Вы можете выбирать MCOL или MWAV варианты, но не оба одновременно. Другой мощный инструмент Spectrum Wizard. Он покажет спектральные эмиссионные кривые разнообразных источников излучения и кривые спектральной чувствительности разнообразных датчиков (приемников излучения), а затем объединит их и передаст суммарные веса множеству MWT. Напечатайте MSW для доступа в эту работу, или используйте меню Wizard | Spectrum Wizard

Команды анализа изображения в геометрическом приближении

Глава 8 Справочника Пользователя описывает несколько других вариантов анализа изображения в геометрическом приближении, включая "точку на оси" GMTF (диалог MTG), автоматическое определение размера фокусирующего пятна RMS команда - FOCUS, и команда, которая печатает размер пятна RMS, стандартные отклонения и координаты кольцевой диаграммы абберрационного пятна. Все они находятся в диалоге MGI.

Анализ изображения в дифракционном приближении

В хорошо исправленной оптической системе, эффекты дифракции могут значительно исказить изображение. В SYNOPSYS имеется много возможностей по анализу этих эффектов. Диалог MDI исполняет многие из этих работ, и также является проводником к другим работам.

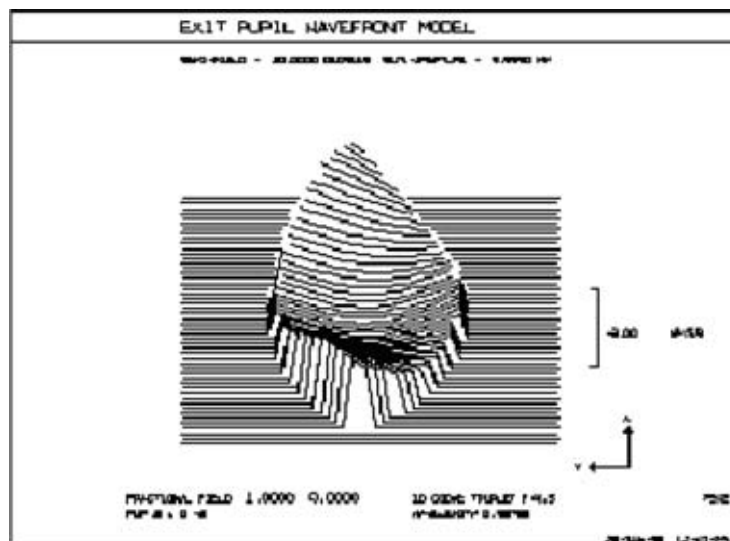
Первая из работ, которую мы исследуем - рисунок зрачка, показывающий форму фронта волнового импульса как аксонометрический (перспективный) или как контурный графики. После этого рассмотрим график аппаратной функции точки.

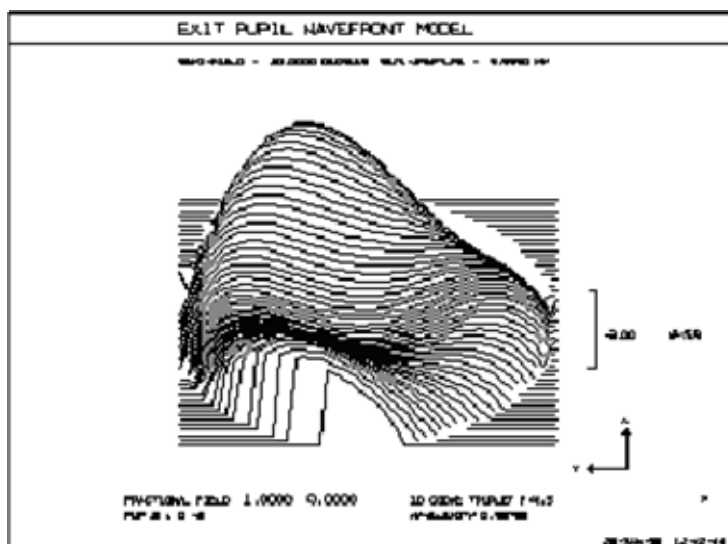
Рисунок зрачка

Общий формат: PUPIL ICOL HBAR 0 SCF [WX WY]

Рассматриваемая оптическая система имеет волновые aberrации для полного поля зрения больше, чем две длины волны, поэтому был выбран масштаб равный 2 (отрицательный в этом примере потому, что OPD's отрицательный, и график просматривается лучше, если фронт волнового импульса расположен **выше** плоскости рисунка). Оптическая система также имеет большое виньетирование; поэтому переделаем этот график в режиме NOVIG, и покажем оба варианта.

```
CHG
NOVIG
END
PUPIL 2 1 0 -2
```





Тот же самый волновой фронт можно показать как контурный график при помощи интерференционных полос:

CHG
IMAGE
CONTOUR
PUPIL 2 1 0 -2.

Общий формат:

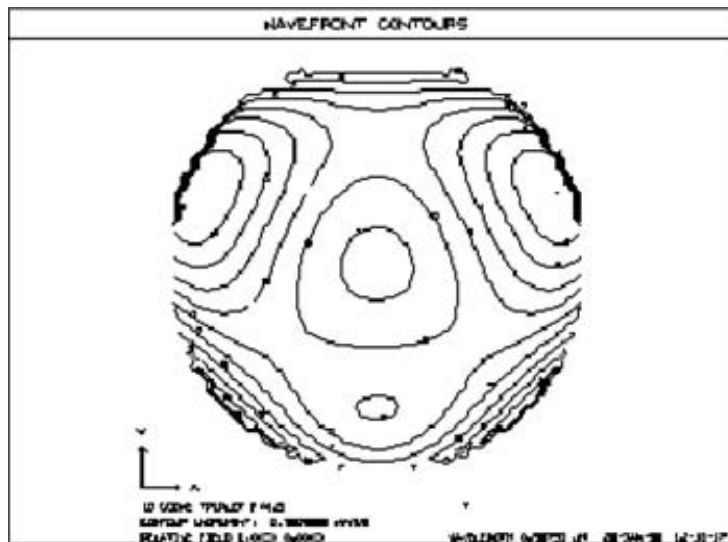
[CONTOUR [SCF]]

[FRINGES]
PUPIL ↵

[ОЧЕРТИТЬ [SCF]]
[ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫЕ ПОЛОСЫ]
ЗРАЧОК ↵

Здесь мы не вводили масштаб (OPD на контурном уровне), так что программа делит "максимум" фронта волнового импульса на десять уровней. Вариант оценки качества ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫМИ ПОЛОСАМИ полезен, пока наклон фронта волнового импульса не слишком крут.

Расстояние между интерференционными полосами - одна длина волны.



Точечный график аппаратной функции

Другой часто используемый вариант дифракционной точки - график аппаратной функции. Он представляет дифракционную точку как "некую гору", где "высота горы" пропорциональна локальной интенсивности изображения. Так как данная оптическая система имеет aberrации на краю поля зрения более чем две длины волны, то и размер точки - аппаратной функции будет очень велик и не особенно подходит для следующих расчётов. Так что позвольте нам сначала остановиться, улучшить качество изображения оптической системы, а затем посмотреть на дифракционное изображение. Мы используем для изменений режим AI. **Тип ввода - boldface**; остальную работу сделает программа:

SYNOPSIS AI > YMP1?>

Максимальная высота луча на поверхности 1 (YMP1) -5.55500000

SYNOPSIS AI > от YMP1 до 2.5

Максимальная высота луча на поверхности 1 (YMP1) -2.50000000

SYNOPSIS AI > FNUM? F/номер или 1/Диаметр зрачка

В афокальном режиме (FNUM) - 9.99949399

триплет имел диафрагменное число F/4.5, а теперь триплет имеет F/10, и быстрый показ aberrаций OPD выдаст половину длины волны (работа не показана). **OPD** вычислит следующий **ЛУЧ** или выполнит команду OPD, а потом покажет графики aberrаций.

TFA 3 2 1 (TFAN был описан в Главе 1.)

Теперь мы можем запросить график распределения энергии в точке.

Напечатайте ввод:

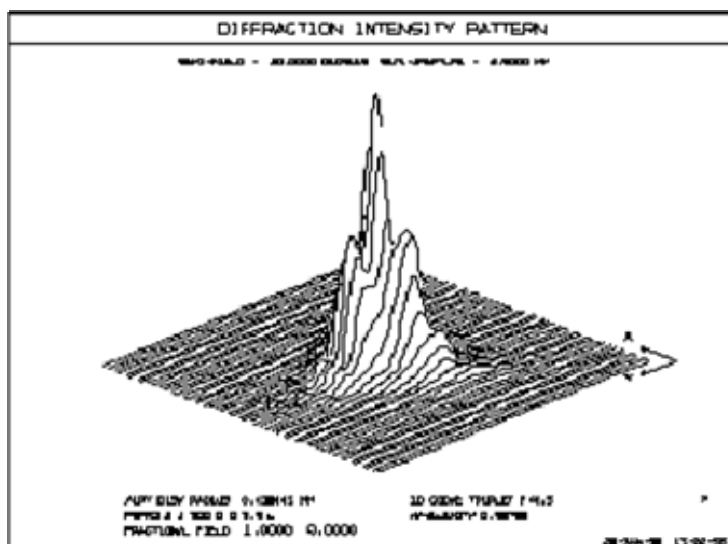
PSPRD 2 1 300 0 0 3.5 L

Общий формат.

```
[ CONTOUR ]  
[ PSVISUAL [ MAGN [ GAIN ] ] ]  
PSPRD { ICOL / M } HBAR NRYS 0 GBAR [ HT [ R / L ] ]
```

```
[КОНТУР]  
[ PSVISUAL [MAGN [GAIN]]]  
PSPRD {ICOL / M} HBAR NRYS 0 GBAR [HT [R / L]]
```

<u>NRYS</u>	От 200 до 400 лучей обычно достаточно
<u>HT</u>	Высота центральной линии, в дюймах
<u>R / L</u>	Необязательное вращение, приблизительно 45 градусов вправо или влево



Для этого изображения было бы правильнее определить желательную высоту изображения (HT), потому что при больших абберациях пик будет очень низкий. Расчётная высота, соответствующая точному не уменьшенному изображению, приблизительно 4.5 дюйма, и она уменьшается из-за аббераций, чтобы показать относительную приведенную интенсивности таких изображений. Из вышеприведённого рассуждения Вы узнали, что у программы имеются возможности для обработки изображения по горизонталям и для визуального показа интенсивности. Эти варианты описаны в Справочнике Пользователя.

Возможности ПОМОЩИ

Это хорошее место, чтобы показать очень полезные возможности SYNOPTSYS. Предположим, что Вы хотите построить график PSPRD в MACro. Вы помните, что мнемоническое обозначение для точечной аппаратной функции - "PSPRD", но Вы забыли остальную часть аргумента.

Конечно, Вы можете войти в MDI меню, где формат выведен на экран, и вызвать файлы Помощи - но имеются два других варианта: напечатайте в Окне Команды

HELP PSPRD (ПОМОЩЬ PSPRD)

и немедленно перейдете к нужному разделу файла Помощи. Вы можете просто задать мнемоническое обозначение без каких-либо данных. Это активизирует мгновенную помощь SYNOPSYS, которая даст следующий ответ:

```
PSPRD
PHYSICAL OPTICS ANALYSIS
Polarization is off, coatings are ignored.
FORMAT:PSPRD {ICOL / M} HBAR NRYS 0 GBAR [HT [L/R]]
```

```
PSPRD
ФИЗИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОПТИКИ
Поляризация выключена, покрытия игнорируются.
ФОРМАТ: PSPRD {ICOL / M} HBAR NRYS 0 GBAR [HT [L / R]]
```

Большинство команд SYNOPSYS мгновенно выполняет HELP (ПОМОЩЬ). Если команда требует аргументы, Вы их задаёте, программа отвечает форматом той же команды. (Если команда не имеет аргументов, или аргументы все не обязательные, то работа не выполняется.) Некоторые команды из набора файла также могут открывать режим, если Вы напечатаете мнемоническое обозначение: TFS без аргументов, которые Вы указали раньше. Остальное будет выполнено.

Дифракционная МПФ (MTF)

Вы уже знаете, что геометрическая МПФ (MTF) вызывается командой GMTF. Теперь сделаем график дифракционной МПФ.

В SYNOPSYS имеется два вида дифракционной МПФ. Один вид использует Фурье преобразование точечной аппаратной функции и называется "DMTF". Так как он используется редко, то я опишу другой вид, который является видом свёртки.

Самая простая форма дифракции МПФ для меридиональной и сагиттальной плоскостей задается внесением в список MTF угловой или пространственной частоты. Для триплета, все еще имеющего F/10, мы зададим следующие аргументы: вычислить МПФ на частоте 25 штр/мм на длине волны 2 для полного угла поля зрения.

MTF 2 1 25

```
Polarization is off, coatings are ignored.
SHEAR TO: 25.000 C/MM 433 RAYS AT 0.58756 uM,
WEIGHT 1.000
```

```
CONVOLUTION MTF AT FREQUENCY 25.00 C/MM REL. FIELD
```

```

(Y,X)      1.0000  0.0000
           X MTF  Y MTF      X-PHASE  Y-PHASE  AVERAGE  X-PERFECT-
Y
  0.425    0.436  0.000          15.215          0.431  0.806
0.769

MTF 2 1 25
ПОЛЯРИЗАЦИЯ ВЫКЛЮЧЕНА, ПОКРЫТИЯ ИГНОРИРУЮТСЯ.
ЧАСТОТА:    25.000 ШТР/ММ          433 ЛУЧА          НА          0.58756
МКМ,        ВЕС          1.000

СВЕРТКА MTF НА ЧАСТОТЕ 25.00 ШТР/ММ. ОТНОС. ПОЛЕ ЗРЕНИЯ (Y,
X) 1.0000          0.0000
           X MTF      Y MTF      Y-фаза  X-фаза          СРЕДНЕЕ ЧИСЛО      X-
СОВЕРШ.-Y
  0.425          0.436      0.000          15.215          0.431
0.806          0.769

```

Последние два столбца дают МПФ, оно не вычисляется, если OPD задано нулём. Из-за виньетирования X и Y МПФ не равны.

Общий формат:

{ MTF / ZMTF } { ICOL / M / P } HBAR SWAV 0 GBAR [P]

Необязательное [P] в этом формате будет строить график. Данная работа подробно описана в Справочнике Пользователя.

Другие возможности анализа изображения

Имеется много возможностей анализа изображения. Геометрические, дифракционные и другие форматы описаны в Справочнике Пользователя. Возможно, лучший способ ознакомиться с ними состоит в том, чтобы изучить MGI и MDI диалоги. Некоторые команды для них даны в Справочнике Пользователя.

Основное приближение:	
MIM	Этот диалог показывает эффективность использования геометрических aberrаций, а также дифракции для разнообразных задач
Геометрическое приближение:	
GMTF	Фурье преобразование МПФ (MTF)
SPT	Единая диаграмма aberrационного пятна
KNI	График опорного края
FOCUS	RMS - положение плоскости наилучшей установки
RMS	RMS определяет размер и расположение центра

	абберационного пятна
GMODEL	Математическая модель диаграммы абберационного пятна, для последующего анализа
TFS	Диаграмма абберационного пятна при сквозном расчёте
TFG	Графики МПФ (MTF) в геометрическом приближении при сквозном расчёте
Дифракционное приближение:	
DMTF	ФУРЬЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ МПФ учитывает поляризацию и оптическое покрытие
PUPIL	График формы фронта выходного волнового импульса
PSPRD	График дифракционной точки волнового фронта аппаратной функции
DMODEL	Математическая модель дифракционной точки, используется для последующего анализа
BAP	Дисперсия фронта волнового импульса, стандартное отклонение, число Штреля
PARTC	Анализ с частичной согласованностью
DIFF	Специальный график дифракции
MTF	Графики свёртки МПФ
ZMTF	Область коэффициентов Цернике
MMTF	Графики полихроматической МПФ
MZMTF	Версия вышеупомянутых коэффициентов Цернике
TFMTF	Свёртка Фурье преобразования МПФ

Глава 5

Окончание основного курса обучения

В предыдущих четырех главах Вы научились, управлять многими полезными работами SYNOPSIS. В процессе обучения я показал применение ряда работ, чтобы не получать ошибочных результатов. Я избегал использования необязательных вводов для частных случаев, которые редко применяются и могут быть полезными только в частных случаях. Прежде чем Вы попытаетесь использовать любую из работ, прочитайте её реальное описание в разделе Пользователя. Там Вы найдете намного больше информации, чем приведено здесь.

Выключатели режимов работ SYNOPSIS

В предыдущих главах Вы видели некоторые примеры, использования выключателей режимов работ. Откройте MSS диалог и лично убедитесь, в наличии там выключателей. Здесь я упомяну лишь о некоторых, наиболее полезных.

Расчёты

В настоящее время имеется 72 выключателя работ, которыми можно пользоваться. Когда Вы работаете с SYNOPSIS, то из набора расчётов включен вариант программ:

ON 1 2 4 5 8 27 29 32

И если это не тот набор, который Вам нужен, то можете поместить необходимые Вам выключатели во ввод MACro SYSTART.MAC. Если позже Вы отмените любой из назначенных выключателей и захотите вернуться в исходное положение, то напечатайте команду **RESET**. Эта команда выполнит также MACro **SYSTART**, изменяющее любое назначение, которое Вы туда поместили.

Имеются некоторые разъяснения, которыми Вы можете воспользоваться. Список всех выключателей с указанием их действия дан в Приложении 1.

ON ВКЛ	OFF ВЫКЛ	Действие
24		РЕЗУЛЬТАТЫ расчёта будут даны в миллиметрах, вместо дюймов
	27	Чтобы получить абберационное пятно в символьном изображении вместо единой точки, нажмите OFF на этом выключателе
35		Цветные графики для нескольких работ типа RPT (ПОВТОРЕНИЕ), TFS
42		После изменений оптическую систему автоматически сохранить в библиотеке в положении 10
45		AI заменит символы во всех 80 вводных столбцах
55		DMODEL, PSPRD используют двумерные и многомерные, прекрасно выполненные изображения (но четырёхмерное изображение выполняется медленно)
62		Ограничение набора переменных при оптимизации в первом приближении
67		Указание оптимизации использовать вторые производные для повышения точности

Вы можете напечатать текущее назначение выключателей командой **SSW**.

Запуск MACro SYSTART

Как подготовить запуск MACro. Предположим, что Вы хотите включить выключатели 35 и 55, и выключить выключатель 27. Имеется типовый запуск MACro, который Вы можете напечатать в редакторе:

LOG	LOG
ON 35 55	ВКЛ 35 55
OFF 27	ВЫКЛ 27
AI	AI
EAM ICONS	ДАТЬ ИЗОБРАЖЕНИЯ
PLB	PLB

Здесь команда LOG увеличивает текущее значение номера LOG (предоставляет автоматически Вам показатели преломления для вашей оптической системы), устанавливает выключатели, если Вы хотите включить в AI режим, определённые символы панели инструментов, управляет файлом ICONS.MAC и вносит параметры текущей оптической системы в список библиотеки. Все варианты оптической системы должны иметь расчет в SYSTART.MAC, так что обычно это создаётся не на пустом месте. Чтобы редактировать, используйте команду LM SYSTART, которая посылает всё это МАКРО редактору.

Команда EAM заслуживает комментария. Она означает "выполнить замену MACro" и обеспечить прерывание выполнения для одного из MACro, чтобы вызвать другой или вызвать подпрограмму. Она загружает второй, MACro в память и управляет им, а затем возвращается к исходному заданию MACro, чтобы продолжить его выполнение с того места, где была остановлена. Вы можете также задать *цепь* MACro, помещая их в EM файле в, конце одного для вызова другого, но эту форму мы обсуждать не будем.

Вы можете поместить всё, что ещё захотите в MACro ввод. Каждый раз программа LOG SYNOPSIS, ищет файл с названием SYSTART.MAC, и если он существует, то выполняет его автоматически.

В вышеупомянутом примере команда LOG требовалась до тех пор, пока ввод MACro не существовал, SYNOPSIS не дополняет команды. Всё устанавливают выключатели работ. Вы не должны вводить их значения самостоятельно. Введите только то, что хотите изменить. (Команда LOG может быть введена подобно любой другой команде в любое время, когда Вы захотите; это иногда полезно в процессе длительной работы, чтобы сохранить многие варианты расчёта оптической системы, так как номер LOG становится частью обозначения оптической системы ID и присутствует в спецификациях и графиках.)

Хранение вариантов Ваших оптических систем и MACro

После того, как Вы некоторое время поработаете в SYNOPSIS, то, вероятно, захотите иметь несколько дюжин MACro и файлов оптических систем,

сохраненных на диске. Имеется множество команд и меню, чтобы помочь Вам организовать и использовать эти файлы.


Saving your Lens as an RLE File

Сохранение вашей оптической системы, как RLE файла

Так как библиотека оптических систем может содержать только десять вариантов оптической системы, Вы захотите сохранять ваши данные в другой форме. Пример с триплетом, введите команду

SAVE TRIPLET СОХРАНИТЬ ТРИПЛЕТ

Оптическая система будет преобразована (конвертирована) SYNOPSYS назад в RLE файл в правильном формате и сохранена как файл с названием "TRIPLET.RLE", который можно будет снова читать. Вы можете ввести любое название, которое захотите, если оно начинается с символа, или номер, набранный полностью из чисел. Настоящая версия позволяет имя файла размером до 22 знаков. Если Вы забыли назвать имя файла, то SYNOPSYS

запросит его. Вы можете также щелкнуть кнопкой панели инструментов , которая вызовет диалог Окна файла, сохраняющего оптическую систему с самым последним названием, или сохраняющего файл как диалог, если Вы еще не закончили работу. Чтобы сохранить оптическую систему под другим названием, Вы можете также использовать меню **File|Save Lens As**. Вернуть оптической системе тип

FETCH TRIPLET ВЕРНУТЬ ТРИПЛЕТ

Таким образом, Вы можете сохранить любое число файлов оптической системы. Теперь напечатайте команды:


DIR RLE

DIR MAC

Первая ДИРЕКТИВНАЯ команда внесет все оптические системы в список ID, которые Вы, таким образом, СОХРАНИЛИ (общее количество оптических систем), а вторая присвоит им всем MACro. Существуют СПРАВОЧНИКИ для сохраняемых графиков (DIR PLT), и тонких покрытий (DIR FIL), которые мы пока не рассматриваем.

Имеются диалоги, сообщающие Вам о Ваших файлах. Если Вы напечатаете команду **MLB**, то увидите на экране диалог **PLB**; щелкните на положение варианта в библиотеке, выбрав ЖЕЛАЕМЫЙ в АРХИВЕ, и щелкните ОК. Меню **MWL** выдаст в окне ID' оптические схемы Ваших, ранее СОХРАНЁННЫХ оптических систем. Выбрав снова линию с желаемой оптической системой, щелкните ОК. Чтобы быстро ВЫЗВАТЬ оптическую

систему, сделайте двойной щелчок по названию. Меню **MWP** показывает все графики, которые Вы сохранили командой **SPL**. Когда Вы выбираете оптические системы, то вызываемая система показывается автоматически.

MACro управляется несколькими способами. Вы уже сохранили MACro внутри редактора кнопкой . Теперь Вы можете получить диалог, показывая все Ваши сохранённые MACro командой **MWM**; оттуда Вы можете управлять файлом или редактировать файл, который Вы выбрали.

Другие полезные команды:

LM (имя файла), для загрузки редактора требуемым файлом.

ЕМ(имя файла), для немедленного выполнения этого MACro, без открывания редактора GDS, для повторного ввода последнего MACro, которым Вы управляли.

МАКРО циклы

Еще одно слово относительно MACro прежде, чем мы перейдём к другим очень полезным работам, находящимся в программе Блокнота. Если Вы захотите много раз выполнять данную работу с MACro, с одним или большим числом вариантов вводимых данных, изменяющихся каждый раз, то имеется два основных способа выполнить это в SYNOPSIS. Первый путь это просто поместить команду GDS в конце MACro. Когда программа доберётся до этой команды, то произойдёт возврат назад к началу цикла.

Как предохраниться от заикливания? Вы должны оговорить, что когда программа достигнет данной линии в MACro, она остановится и запросит ввод от оператора. Это делается командой **"NEW"** в нужном месте в пределах MACro.

МАКРО 1 CHG NEW END VAR 2 1 300 GDS	Приведён пример MACro цикла. Программа будет ожидать Ваш ввод, когда доберётся до НОВОЙ линии внутри CHG файла. Вы можете ввести, например, "2 TH 5.26", тогда CHG файл продолжит работу, и будет выполнен анализ изображения. Иначе этот цикл вернётся к началу и запросит другую НОВУЮ линию ввода. Для управления циклами, Вы можете печатать только EDS и затем END. EDS заканчивает выполнение MACro, а END выводит Вас из CHG файла.
---	--

AI MACro циклы

Второй основной способ задать цикл такого вида - предложение AI. Вы уже видели некоторых из циклов "Plot... for... = ... to ..." ("График ... для ... = ... к ..."), которые может делать AI. Такие же циклы можно сделать в пределах MACro:

Do macro for 2 th = 5.0 to 6.0

Делайте макро для 2-й толщины = от 5.0 до 6.0

MACro может включать в себя ещё, что-нибудь, кроме предложения цикла "DO MACro" или AI. Когда выполнение предложения закончено, AI увеличивает переменную (2 TH в этом примере), и цикл начинается снова.

Также просто ввести задание, чтобы AI подбирал требуемые параметры, когда они находятся в цикле, и использовал эти данные для построения графика. Например:

DO MACRO AS THICKNESS 2 VARIES FROM 5 TO 6

ДЕЛАЙТЕ MACRO, ПОСКОЛЬКУ ТОЛЩИНА 2 ИЗМЕНЯЕТСЯ ОТ 5 ДО 6

MACro:

ORDINATE = SA3

Ордината = SA3 - Сферическая аберрация третьего порядка

ABSCISSA IS BACK FOCUS

Абсцисса это задний фокальный отрезок

Здесь AI выполнит MACro цикл и подберет для ординаты графика сферическую аберрацию третьего порядка. Абсциссой будет задний фокальный отрезок, и эти две величины будут представлены как функции толщины 2. Конечно, для этого простого примера не было необходимости пользоваться MACro; AI легко мог выполнить это по командам

PLOT SA3 VS BACK FOR 2 TH EQUAL 5 TO 6,

ПРЕДСТАВИТЬ SA3 (СФЕРИЧЕСКУЮ АБЕРРАЦИЮ) И ВЕЛИЧИНУ ЗАДНЕГО ФОКАЛЬНОГО ОТРЕЗКА КАК ФУНКЦИЮ 2 TH (ТОЛЩИНЫ), ИЗМЕНЯЯ от 5 ДО 6,

но бывают случаи, когда Вы хотите выполнить работу, которой нет в AI словаре, тогда MACro цикл необходим. Чтобы показать, как это сделать сначала напечатаем, команду подобную **EDGE**. Потом попросим, чтобы AI показал Вам **BUFFER**:

BUFFER? БУФЕР?

Текущий FILE BUFFER содержит

1	1.1451577	EDGE TH
---	-----------	---------

2	4.7136868	EDGE TH
3	2.4921436	EDGE TH
4	...	

Многие из команд SYNOPSIS, которые подготавливают спецификации или таблицы чисел помещают копии данных в FILE BUFFER (В БУФЕРЕ ФАЙЛОВ). Вы можете попросить AI показать Вам буфер, как указано выше, или отдельным вводом:

WHAT IS FILE 1? КАКОВ ФАЙЛ 1?

FILE NUMBER 1 EDGE TH.1.1451577

НОМЕР ФАЙЛА 1 EDGE TH.1.1451577

По этим данным AI может готовить почти всё; например, подготовить изменение толщины края между поверхностями 2 и 3 как функцию от толщины 2:

DO MACRO FOR 2 TH = 5 TO 6

ДЕЛАЙТЕ МАКРО ДЛЯ 2 TH = 5 TO 6


MACro:

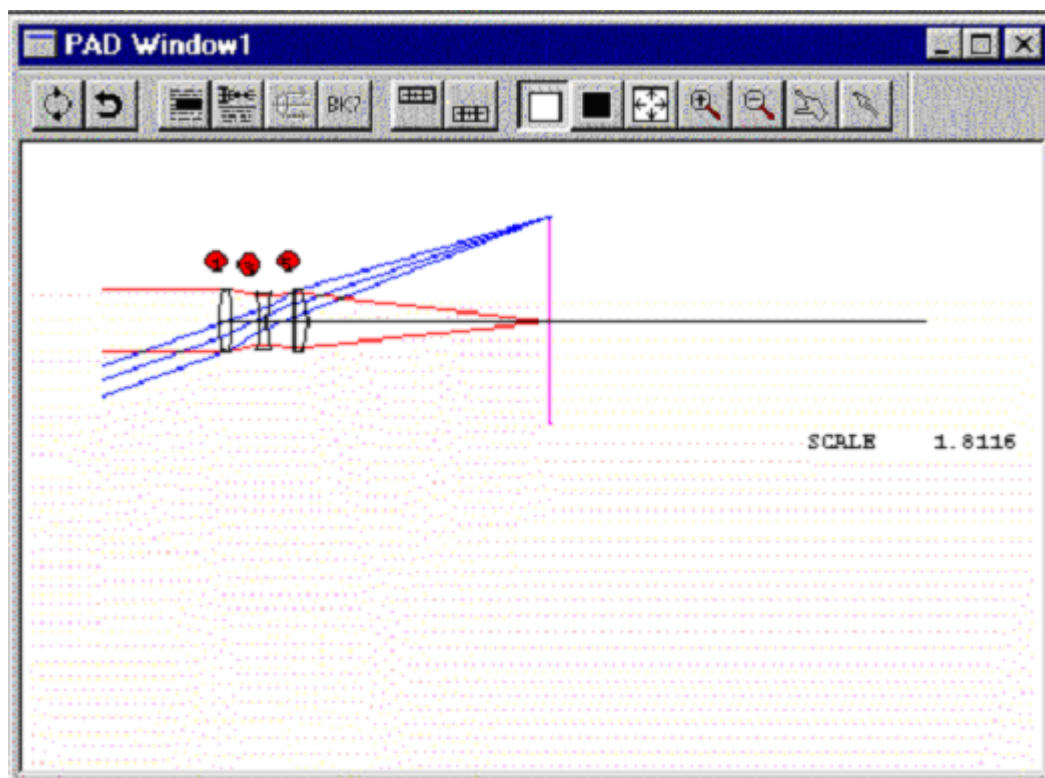
EDGE ORDINATE IS FILE 2	КРАЙ ОРДИНАТА - ФАЙЛ 2
----------------------------	---------------------------

Так как номер файла это желаемая толщина края, ордината графика содержит требуемое значение; абсцисса - расчётная переменная цикла: 2 TH.


Эти примеры AI MACro циклов дадут Вам идеи относительно тех возможностей, которые теперь Вам доступны. Я рекомендую Вам изучить Главу 15 Справочника Пользователя, где этот вопрос рассмотрен намного шире.

Блокнот

Теперь исследуем некоторых из вариантов работ, доступных в программе Блокнота. Это работа, которая показывает Вам оптическую систему и ее изображение в режиме реального времени, автоматически обновляя, изменения оптической системы в течение оптимизации или других работ. Введите триплет, и напечатайте PAD, или щелкните кнопкой . Вы увидите в Блокноте рисунок оптической системы.

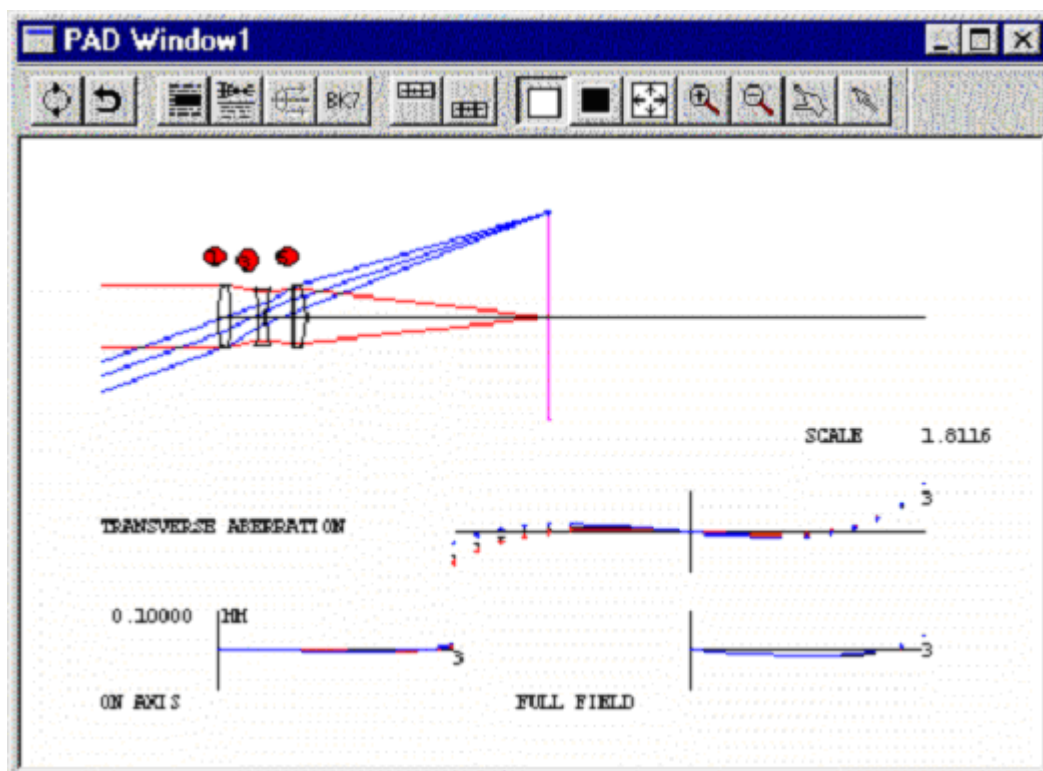


Существует семь видов показа Блокнота, которые Вы можете задать в PAD, и рисунков, которые Вы увидите после расчёта оптической системы. Давайте вызовем некоторые графики aberrаций лучей на основной экран.

Щелкните кнопкой , а затем выберите вариант "Ray FAN plots", щелкните на "Multicolor" и затем на OK.



Теперь экран PAD даёт две картины оптической системы и графики aberrаций.



Набор ГРАФИКОВ АБЕРРАЦИЙ, показанных на экране, приведён к масштабу одно деление в высоту 0.1 мм, определен прослеживанием нескольких лучей (так как Вы не задали масштаб самостоятельно). Три кривых для длин волн 1, 2 и 3 виньетируются по краю поля зрения, а, начиная с половины апертуры, хорошо исправлены длины волн номера которых указаны в конце кривой графика aberrations. Обратите внимание, что лучи, виньетируемые полными апертурами обозначены отделенными точками, а не сплошными линиями. Вы можете использовать окно команды, всё время пока PAD открыт, или щелкнуть на любую кнопку панели инструментов. Напечатайте следующие команды

CHG
NOVIG
END

затем **щелкните** где-нибудь в пределах экрана PAD. Вы увидите, что графики aberrations станут непрерывными линиями, так как Вы только что выключили контроль виньетирования, и лучи, которые превышают полные апертуры, теперь проходят через оптическую систему. В любое время, когда Вы щелкните в окне PAD, произойдёт изменение рисунка текущей оптической системы. Если Вы закроете показ окна и позже повторно откроете его, то это будет тот же самый вариант показа.



Так же определяется вид показа PAD, который Вы желаете, напечатать в Окне команды. Вы должны напечатать одну из следующих команд, и PAD выполнит для Вас соответствующие графики.

D	Для рисунка профиля Y-Z
----------	-------------------------


PP	Для рисунка в аксонометрии
P	Для параксиального рисунка
F	Для поперечного пучка лучей
O	Для аберраций OPD
S	Для набора диаграмм аберрационного пятна
A	Для графиков астигматизма по полю зрения

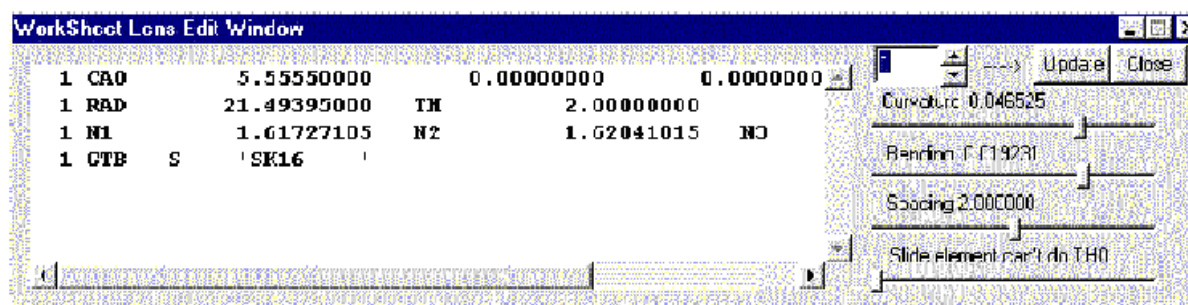
Опытному пользователю нетрудно запомнить последовательность ввода, которая используется для этих работ, и затем ввести эту последовательность в MACro. Этим способом Вы можете открывать PAD независимо от MACro, выполняя это автоматически.


Изменение оптической системы в PAD


PAD содержит несколько возможностей, которые позволят Вам изменять оптическую систему и немедленно видеть эффект на рисунке. Один из полезных инструментов это кнопка  (которая есть также на боковой панели); она открывает редактор оптической системы, и когда Вы выходите из редактора (по кнопке ) , то рисунок обновляется.

Лист работ программы


Другой удобный способ редактирования Вашей оптической системы - программа Лист работ (WorkSheet). Сначала Вы должны переместить вершину картины на экране, если Вы работали в одном из других показов. Лист работ позволит Вам выбирать поверхности для редактирования, только щелкая по рисунку оптической системы. Когда Вы ввели D, P, или показ PP на экране щелкните кнопкой  Лист работ.



Лист работ высокодиалоговая программа. Редактирующаяся таблица показывает в настоящем времени данные для поверхности 1. Щелкните в показе PAD на различные поверхности (всегда щелкайте по вершине). Вы увидите данные для других поверхностей. Щелкните в редактирующей таблице, и измените номер, затем щелкните по кнопке "Undo"  ("Модернизация"). Картина обновлена вместе с показом изображения. Если оно было задано, то находится в нижней

части PAD. Теперь щелкните  ("Уничтожающей") кнопкой и оптическая система восстановлена. Вы можете создавать контрольные точки в любое время, щелкая на первую кнопку, выполнив любую задачу вне PAD, а затем щелкните на вторую кнопку, чтобы снова активизировать исходную систему.

На показе первоначального триплета щелкните на поверхность 3 и затем щелкните по большой клавише движка справа, которая говорит "Slide element" ("Скользящий элемент"). Переведите кнопку мыши вниз, и перемещайте эту клавишу медленно влево. Изменения оптической системы и хода лучей зафиксируются на рисунке PAD.

Чтобы редактировать объект и данные системы, щелкните кнопкой . Теперь Вы можете редактировать данные в редактирующей таблице. Вы можете также выбирать поверхность (или данные системы), вводя число (или 0) в таблицу данных выше слова "Curvature" ("Кривизна") и затем щелкая "Undo" ("Модернизация"). Другие кнопки панели инструментов в Листе работ позволяют Вам вставлять и удалять поверхности элементов или исполнять другие общие задачи. Когда Лист работ открыт, нажмите F1, чтобы увидеть описание его возможностей.

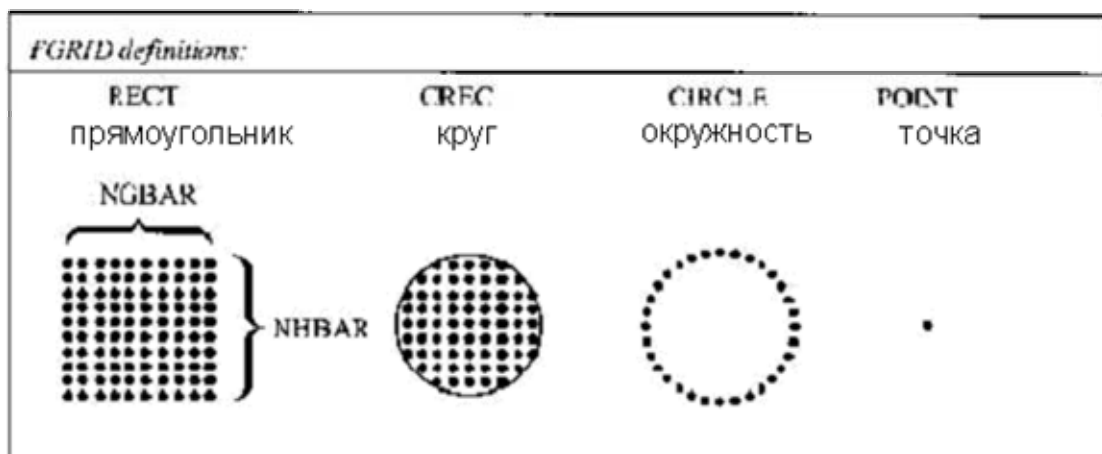
Функции отображения

Заканчивая эту главу, опишем кратко один из выборов ИЗОБРАЖЕНИЯ, который позволит Вам рисовать более дюжины параметров как функцию положения зрачка или угла поля зрения. Для исходного триплета, сделайте следующий ввод:

MAP PUPIL OVER FOV
FGRID RECT 5 1
RCRID CIRCLE 20
PLOT

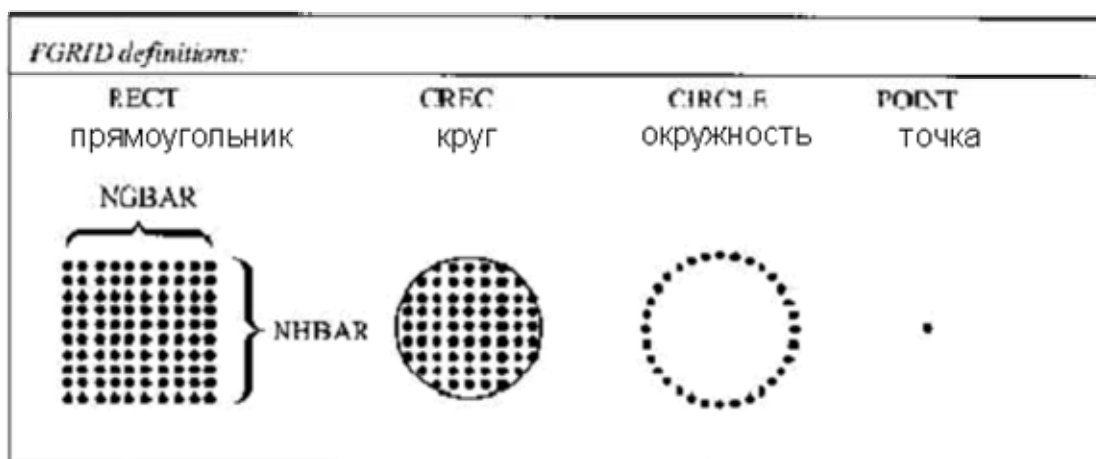
ИЗОБРАЖЕНИЕ ЗРАЧКА ПО FOV
FGRID RECT 5 1
RCRID КРУГ 20
ГРАФИК

Результаты показаны ниже.



В этом примере Вы определили углы наклона поля зрения (FGRID) 5, 1 точками и сеткой лучей (RGRID), состоящей из круга с 20 лучами. Посмотрите на общий формат ввода **МАР** (ОТОБРАЖЕНИЕ), чтобы увидеть все его достоинства. Напечатайте **ММА**, чтобы увидеть диалог, который помещает большинство вариантов выбора на экран.

Существует большее количество возможностей в МАР, чем я могу объяснить в Справочнике Обучающей программы, но имеется основа: Некоторые функции *могут* быть определены на данной поверхности, другие *должны* быть заданы, а третьи *не могут* быть заданы. Сетки задаются точками в пределах угла поля зрения и точками на зрачке и определены следующим образом:



Сетка лучей (RGRID) идентична сетке поля зрения FGRID за исключением того, что имеются два вида кругов: CIRCLE и MCIRCLE. Круг CIRCLE, подобно PUP 4, выбран в TRACE (ПРОЕКЦИИ ПРЯМОЙ), описанной в Главе 4. Этот круг проходит через полные апертуры и острые края, но не может расширяться. MCIRCLE подобен PUP 3: он может расширяться и увеличивать апертуру.

В **ММА** диалоге Вы увидите варианты: **ACTUAL** (ФАКТИЧЕСКИЙ) и **EXPLODED** (ВЗОРВАННЫЙ). Они определяют, покажет ли график каждый образец в фактическом положении, где он появился на выбранной поверхности (или плоскости изображения), или покажет изображенным в ОБРАЗЦЕ RGRID или FGRID. Например, рассмотрим следующие два случая.

MAP UNI OVER PUPIL ON	CHG
SURF 3	CFOV
FGRID POINT 1 0	END
RGRID CREC 15 15	MAP DISTORTION OVER FOV
ACTUAL	FGRID REC 9 9
SCALE 20	EXPLODED
ANALOG	ANALOG 1000
PLOT	PLOT
ОТОБРАЖЕНИЕ UNI ПО	CHG

ЗРАЧКУ НА ПОВЕРХН 3	CFOV
FGRID УКАЗЫВАЕТ 1 0	КОНЕЦ
RGRID CREC 15 15	ИСКАЖЕНИЕ ОТОБРАЖЕНИЯ ПО FOV
ФАКТИЧЕСКИЙ	FGRID REC 9 9
МАСШТАБ 20	ВЗОРВАННЫЙ
АНАЛОГ	АНАЛОГ 1000
ГРАФИК	ГРАФИК

На первом рисунке мы изобразили случайный угол сетки лучей от краевой точки объекта на поверхности 3. Положение каждой точки надежно (*фидуциально* - основано на вере) вычислено по фактическому положению луча на поверхности, с 20X увеличением. Углы показаны аналоговым способом (как углы). Форма некруглая из-за виньетирования. Во втором случае мы сначала переформировали поле зрения на круговое с CHG параметром "CFOV", так как оптическая система первоначально не имела определенного объема. Это заставило XP0 приравняться к YP0, и последовавшее затем MAP показало искаженную оптическую систему, изображенную в пространстве объекта, снова аналоговым способом в 1000× увеличенном масштабе. (В первом примере МАСШТАБ принимается на веру; а во втором примере, АНАЛОГОВЫЙ масштаб 1000 относится к длине линий.)

Глава 6

Оптимизация в SYNOPTSYS

В этой главе Вы начнете использовать одну из наиболее мощных работ SYNOPTSYS: программу оптимизации.

Сначала должны быть рассмотрены два фундаментальных положения. Первое положение состоит в том, что SYNOPTSYS не имеет никакой функции качества расчёта или установленных переменных. Вы определяете переменные в то же время, когда вводите данные оптической системы. Вы не можете, поэтому, вводить только файл данных оптической системы, а затем сообщать программе, "иди, оптимизируй эти данные", без первого определения набора переменных и набора целей оптимизации.

Второе положение состоит в том, что как только ввод для оптимизации сделан, Ваша работа нуждается в анализе, Вы не должны рассматривать программу оптимизации исключительно как программу коррекции изображения. Вы можете изменять что-то, что захотите, чтобы выполнить фактическую работу, и эта возможность может использоваться, для выполнения разнообразных манипуляций с оптической системой, помимо коррекции изображения по *существу*.

Если Вы плохо знакомы с оптимизацией оптической системы, то найдёте диалог **МОН** очень полезным. Мы будем использовать его в некоторых из примеров, и Вы поймете, что можете выбирать многие из инструментов представленных на экране, когда Вы в них нуждаетесь. Конечно, главная задача оптимизации - коррекция изображения, и я покажу Вам, как это сделать в SYNOPSYS; но сначала позвольте мне показать некоторые другие вещи.

Имеется пример: оптическая система триплета, в которую Вы ввели YMT, определяющее численное значение заднего фокального отрезка, так как поверхность изображения находится в параксиальном фокусе. Но реальный крайний луч не попадает в эту точку, потому что оптическая система имеет сферическую аберрацию. Где этот луч пересекается с осью? Необходимо выяснить. Урок, показанный ниже, дает чёткий тип ввода.

CHG

```
CHG>NOP    <--  all options are turned off, including the YMT solve
CHG>END
```

GIHT	FOCL	FNUM	BACK	TOTL	DELF
18.19761	49.99752	4.50023	43.24287	15.68982	0.00000

Delete lens no. 10	ID COOKE TRIPLET F/4.5 31
Store lens no. 10	ID COOKE TRIPLET F/4.5 31
SYNOPSYS AI>PANT	
PANT>VY 6 TH	<-- this is the variable
VY 6 TH	
PANT>END	
END	
SYNOPSYS AI>AANT	
AANT>M 0 1 A 2 YA 0 0 1	<-- and this is the goal
M 0 1 A 2 YA 0 0 1	
AANT>END	
END	
SYNOPSYS	<-- this command starts the optimization
AI>SYNOPSYS 5	program

SYNOPSYS OPTIMIZATION PROGRAM

THE FOLLOWING MODE CONTROL SWITCHES ARE ON:

1 2 4 5 8 14 27 28 29 32 35 41 42 45 62 67

Iteration No.	1
Initial aberrations	7.15352E-03
Present merit function	5.117279E-05

Damping factor	5.000000E-01
Iteration No.	2
Present merit function	4.991700E-05
Improvement in the merit function is below threshold value.	
Final merit function	3.865418E-29
Final aberrations	6.21725E-15
Delete lens no. 10	ID COOKE TRIplet F/4.5 31
Store lens no. 10	ID COOKE TRIplet F/4.5 31
SYNOPSYS AI>	

CHG

CHG>NOP <-- все выборы выключены, в том числе YMT
CHG>КОНЕЦ

ПОЛОЖЕНИЕ ПЛОСКОСТИ ГАУССА	ФОКУСНОЕ РАССТОЯНИЕ FOCL	ДИАФРАГМЕНТНОЕ ЧИСЛО	ЗАДНИЙ ФОКАЛЬНЫЙ ОТРЕЗОК	ТОЛЩИНА ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ	ПАРАКСИАЛЬ- НАЯ ДЕФОКУ- СІРОВКА
GIHT	FOCL	FNUM	ЗАДНИЙ	TOTL	DELF
18.19761	49.99752	4.50023	43.24287	15.68982	0.00000

Удалите линзу Номер 10	ID COOKE TRIplet F/4.5 31
Линза из архива Номер 10	ID COOKE TRIplet F/4.5 31
SYNOPSYS AI>PANT	
PANT>VY 6 TH	<-- это переменная
VY 6 TH	
PANT>КОНЕЦ	
КОНЕЦ	
SYNOPSYS AI>AANT	
AANT>M 0 1 A 2 YA 0 0 1	<-- это цель
M 0 1 A 2 YA 0 0 1	
AANT>КОНЕЦ	
КОНЕЦ	
SYNOPSYS AI>SYNOPSYS 5	<-- эта команда начинает программу оптимизации

SYNOPSYS ПРОГРАММА ОПТИМИЗАЦИИ

СЛЕДУЮЩИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ КОНТРОЛЯ РЕЖИМОВ ВКЛЮЧЕНЫ:
1 2 4 5 8 14 27 28 29 32 35 41 42 45 62 67

Итеративный номер	1
Начальная абберрация	7.15352E-03
Существующая функция качества	5.117279E-05
Декремент затухания	5.000000E-01
Итеративный номер	2
Существующая функция качества	4.991700E-05
Уточнение в функции качества - ниже порогового значения.	
Заключительная функция качества	3.865418E-29
Заключительная абберрация	6.21725E-15
Удалите оптическую систему Номер 10	ID COOKE ТРИПЛЕТ F/4.5 31
Оптическая система из архива Номер 10	ID COOKE ТРИПЛЕТ F/4.5 31
SYNOPSYS AI>	

Этот пример определяет единственную переменную, толщину поверхности 6 и одну абберрацию, которая будет исправлена, а именно координата Y крайнего луча для точки "на оси". Эти параметры определены в файле PANT и файле абберраций AANT. Вы увидите в этой главе много других параметров, которые могут быть помещены в эти два файла в разнообразных форматах.

Абберрации отдельного луча

В настоящий момент, давайте, исследуем одну задачу, которая была введена.

M. 0 1 2 YA 0 0 1

Эта линия читается следующим образом: "Минимизируйте к значению (цели) 0 с весом 1 следующий параметр: фактическую координату Y на длине волны 2 для полевого луча с углом поля зрения 0 и точки зрчка (0,1)".

<i>General format, individual ray aberration</i>
<i>Общий формат, абберрации отдельного луча</i>

M. TARGET WEIGHT {A/S/MUL/DIV}ICOL name HBAR XEN YEN GBAR [SN]
M. ВЕС ЦЕЛИ {A/S/MUL/DIV} ICOL название HBAR XEN YEN GBAR [SN]

Где название (имя) одно из следующих:

XA	
YA	Фактическая координата, в X, Y или Z
ZA	
XC	X или Y координата, измеренная от главного луча
YC	
OPD	Оптическая разность хода луча
ZZ	Угловые тангенсы хода луча; см. главу 3
NN	

Много полезных задач может быть выполнено с оптической системой. В вышеуказанном списке приведены 8 из 25 задач, допускаемых по названию, которые включают отрезки, отсекаемые на координатной оси лучами в других системах координат и параметров голограмм. Исследуйте распечатку этой оптимизации.

Программа сообщит Вам, какие выключатели режимов включены для Ваших работ и затем напечатает начальные аберрации, соответствующие первому шагу оптимизации. Сейчас Вы видите, что крайний отрезок, отсекаемый на координатной оси лучом в изображении, первоначально был равен 0.007154 мм. Команда SYNOPSIS требовала, чтобы общее количество шагов (итераций) не превышало пяти, но в этом простом случае необходимо было только два шага. В конце второго итерационного шага отрезок, отсекаемый на координатной оси лучом, был уменьшен до 6.2173E-15. (Читается это так: "6.2173, умноженное на 10 в минус 15-й степени". Это *очень* маленькая величина.)

Если Вы плохо знакомы с оптимизацией оптических систем на компьютере, то оцените обзор основных концепций. Задание желаемых задач (целей) сведено к набору чисел, представляющих отклонения от значений этих целей; сумма квадратов этих чисел и называется *функцией качества*. Если бы все цели Вашего задания были выполнены, то функция качества была бы нулевой. Работа программы оптимизации заключается в том, чтобы функция качества приблизилась как можно ближе к нулю при использовании фактических переменных, которые определены в PANT файле.

Нельзя проектировать оптическую систему, начиная с задания большого числа целей, потому что функция переменных окажется нелинейной. Правда алгоритм имеет обыкновение улучшаться, но оптимизация оптической системы столкнётся с очень тяжелой проблемой, которая не может быть решена в закрытой форме. Вместо этого, могут создаваться возрастающие уточнения формы алгоритма, что в целом более выгодно после нескольких итераций.

В SYNOPSIS используется уникальный алгоритм, который рассматривает некоторые из функций в приближении с точностью до второго порядка, что

повышает эффективность (КПД) процесса. Посмотрите на функцию качества в начале первого и второго шага итерации. Первый шаг, который использует стандартный в промышленности алгоритм называемый функцией наименьших квадратов параметров, изменяющий функцию качества от 5.1173E-5 до 4.9917E-5.

Вторая итеративная информация, использованная по результатам первой в новом алгоритме, называемом "псевдо вторая производная" или PSD метод, который приводит функцию качества к значению 3.865E-29. Конечно, более сложные проблемы обычно требуют больше, чем два шага итерации.

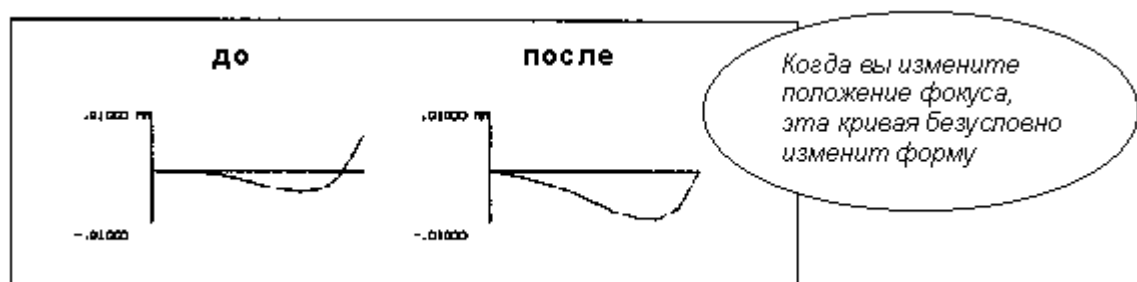
Давайте посмотрим на этот пример снова. Первый шаг должен удалить YMT, определяющий задний фокальный отрезок, иначе программа не сможет изменять толщину 6 (которая ей является), потому что параксиальное определение или решение, использует *прецедент (precedence)* по переменным, определённым в PANT файле. Другими словами, если Вы хотите изменить что-то, то это не должно управляться чем-нибудь еще.

Если бы Вы забыли удалить YMT в этом примере, то программа создала бы переменную автоматически, когда ей потребовалось исследовать производные, а затем закончила оптимизацию, потому что не осталось бы ни одной переменной. CHG файл содержит инструкцию "NOP" означающую No Options (Не выбрано); она удаляет все ограничения и решает задачу оптимизации оптической системы. Возможно, также удалить только специальный набор параметров (в CHG файле) вводом:

SN NCOP	Не выбрана Кривизна
SN NTOP	Не выбрана Толщина
SN NIOP	Не выбраны Показатели преломления

Где SN - номер единственной поверхности, на которую оказывается воздействие. Крупноформатная таблица **SPS** дает Вам диалоговый способ исследовать и изменить эти и другие свойства поверхности.

Ниже приведён SFAN этой оптической системы до и после оптимизации вышеуказанными командами.



Здесь Вы видите aberrации оптической системы в заднем фокусе. Левый SFAN в параксиальном фокусе - имеет отрицательную сферическую aberrацию

третьего порядка и положительную пятого порядка. Посмотрим на значения этих и других aberrаций. Напечатайте команду **THIRD**:

SYNOPSYS AI>THI <-- remember: only 3 characters are needed

ID COOKE TRIPLET F/4.5 30-JAN-98 09-21-10
31

THIRD-ORDER ABERRATION ANALYSIS

FOCAL LENGTH	ENT PUP SEMI-APER	GAUSS IMAGE HT
49.998	5.555	18.220

THIRD-ORDER ABERRATION SUMS

SPH ABERR (SA3)	COMA (CO3)	TAN ASTIG (TI3)	SAG ASTIG (SI3)	PETZVAL DISTORTION (PETZ)	(DI 3(FR))
-0.02572	- 0.08002	0.03164	-0.08268	-0.13984	0.00762

PARAXIAL CHROMATIC ABERRATION SUMS

AX COLOR (PAC)	LAT COLOR (PLC)	SECDRY AX (SAC)	SECDRY LAT (SLC)
0.00426	0.00449	0.00445	0.00147

SYNOPSYS AI>

SYNOPSYS AI>THI <-- внимание: необходимы только 3 знака

ID COOKE ТРИПЛЕТ F/4.5 30-JAN-98 09-21-10
31

АНАЛИЗ АБЕРРАЦИИ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА

ФОКУСНОЕ РАССТ.	РАДИУС ВХ. ЗРАЧКА	ИЗОБРАЖ. ГАУССА НТ
49.998	5.555	18.220

СУММЫ АБЕРРАЦИИ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА

СФЕРИЧЕСКАЯ КОМА	АСТИГМ МЕРИД	АСТИГМ САГГИТ	КРИВ ПОЛЯ ДИСТОРСИЯ ПЕТЦВАЛЯ
------------------	-----------------	------------------	------------------------------------

(SA3)	(CO3)	(TI3)	(SI3)	(PETZ)	(DI 3(FR))
-0.02572	- 0.08002	0.03164	-0.08268	-0.13984	0.00762

СУММЫ ХРОМАТИЧЕСКИХ ПАРАКСИАЛЬНЫХ АБЕРРАЦИИ

ХРОМАТИЗМ ПОЛОЖЕНИЯ (PAC)	ХРОМАТИЗМ УВЕЛИЧЕНИЯ (PLC)	ВТОРИЧНЫЙ ХРОМ ПОЛОЖ (SAC)	ВТОРИЧНЫЙ ХРОМ УВЕЛИЧ (SLC)
0.00426	0.00449	0.00445	0.00147

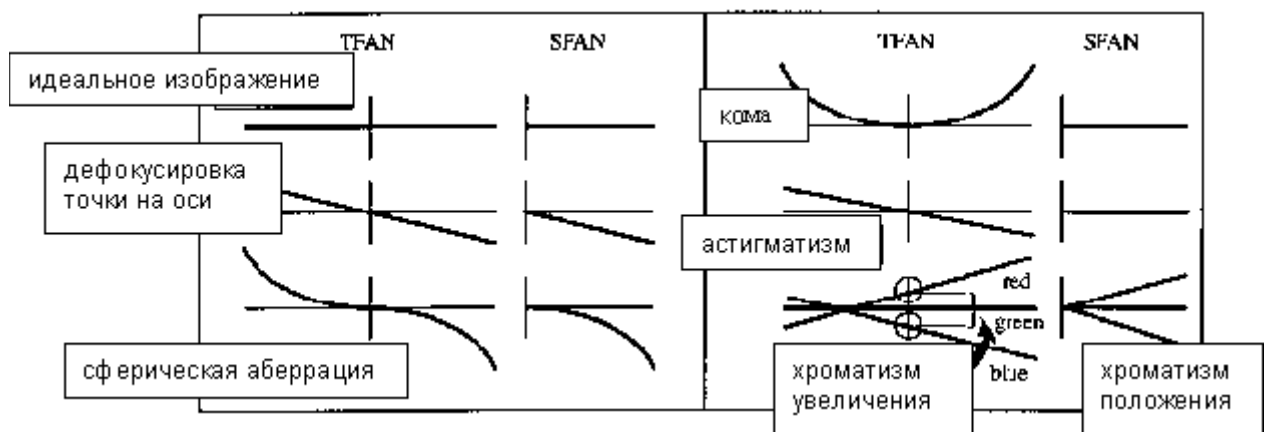
SYNOPSYS AI>

Вы можете получить aberrации третьего порядка по команде THIRD, aberrации пятого порядка по FIFT, и aberrации части оптической системы вводом THIRD 3 4, которые в этом случае дают aberrации только центрального элемента триплета, включая поверхности от 3 до 4. Существуют другие формы задания команд THIRD SUR или FIFTH SUR, которые вносят в список совокупную aberrационную поверхность. (Позвольте мне упомянуть также команду FIRST, дающую aberrации первого порядка.) Диалог MFT позволяет ввести эти варианты с экрана. AI программа сообщит Вам индивидуальные значения в ответ на подобные вопросы:

TOBSA? What is the coma?	TOBSA? Какова кома? (Какова величина комы?)
------------------------------------	---

Использование поперечных aberrаций

Позвольте мне ещё немного отступить. Вы видели несколько примеров различных видов кривых на графиках aberrаций и таблицы, которые SYNOPSYS может выполнять. Так как они являются самыми важными в понимании вашей оптической системы, то в этом месте стоит рассмотреть их интерпретацию. Я сказал ранее, что кривая SFAN показала некоторые aberrации. Имеется диаграмма, которая показывает, как некоторые из главных aberrаций наблюдаются на графиках TFAN или SFAN.



Эта диаграмма имеет, конечно, силу только для **поперечных** графиков **абберации**; OPD графики, которые Вы можете получить, имеют собственные формы. (Намек: OPD это интеграл кривой ТАР.) Практически, Вы редко видите кривые точно такими, какими они приведены, потому что присутствуют, как правило, более чем одна (отдельная) абберация, их обычно несколько.

Вышеупомянутый пример оптимизировал отрезок, отсекаемый на координатной оси лучом в плоскости изображения. Как показано выше в общей таблице форматов, цель отдельного луча может быть определена на желаемой поверхности, отличной от плоскости изображения, при использовании необязательной [SN] части ввода. Чаще используют вариации, определяющие комбинацию лучей как единое целое. Вы можете включать до 1000 отдельных аббераций в AANT файл, и можете также получить любую абберацию, **составленную из аббераций большого количества лучей**.

Коррекция хроматических аббераций

Один из способов исправления хроматизма положения оптической системы, состоит в том, чтобы определить разность между продольными отрезками, отсекаемыми на координатной оси на длинах волн 1 и 3 (обычно красный и синий цвета). Если первый цвет исправлен, то лучи для цвета 1 попадут в то же самое место на оси (если **второй** цвет исправлен, то лучи для цвета 2 попадут в то же самое место на оси), что и лучи в цвете 2. Имеется AANT ввод, который исправляет хроматизм положения на зоне 0.707:

M. 0 1

1 YA 0 0 .7 <-- прибавляются для цвета 1

S 3 YA 0 0 .7 <-- вычитают для цвета 3

Первое из этих двух определений луча может быть помещено на ту же самую линию, что цель и вес, как было сделано прежде, но я показываю Вам отдельно, что бы Вы увидели, как абберация складывается из двух лучей. Первая величина прибавляется, а вторая вычитается, и определяется разность между ними. Вы можете также **MUL** (УМНОЖАТЬ) или **DIV** (ДЕЛИТЬ), если, например,

захотите дать при оптимизации величину отношения двух лучей. Чтобы устранить боковой свет (блик, паразитную засветку), Вы должны оптимизировать разность основных отрезков, отсекаемых лучами на координатной оси:

M. 0 1
1 YA 1 0 0
S 3 YA 1 0 0

Теперь, когда оптическая система сфокусирована, Вы можете уточнить новое значение толщины любым из способов, которым захотите. Вопросы AI режима "BACK?" (НАЗАД?) или "6 TH?" будут выполняться, если будет задана SPEC SYS и команда "PRT 6".

Изменения в оптической системе при оптимизации

Попробовав вышеуказанные команды, напечатайте команду

CHANGES ИЗМЕНЕНИЯ (ЗАМЕНЫ),

которая даст таблицу изменений, выполненных с каждой переменной в течение предыдущей оптимизации. Теперь начнём управлять физическими параметрами оптической системы. В SYNOPSIS, все функции, которые должны управляться, входят в одну и ту же функцию качества. Вы можете управлять отдельной абберацией коэффициентами Лагранжа быстрее, чем процессом минимизации, который используется для других аббераций и действительно, если параксиальное решение имеется, они выполняют по существу одну и ту же задач, но часто полезно видеть, как механические параметры воздействуют на оптические параметры.

Минимизируя абберации системы, Вы можете сразу видеть ход оптимизации. Уменьшая толщину оптической системы, Вы увидите ухудшение качества изображения, потому что линза будет слишком тонкой. Регулируя веса для каждого из отклонений, оптического или физического, Вы можете выполнять задачи, которые оптимизируют систему в целом, а не только изображение.

Управление толщиной края линзы

На этом примере мы будем учиться управлять толщиной края третьего элемента триплета. Если Вы напечатаете команду **EDGE** (КРАЙ), то увидите, что этот элемент имеет толщину по краю 1.25509 мм при полной апертуре 5.5555. Давайте посмотрим, что будет, если Вы захотите устранить виньетирование для осевой точки, увеличивая полную апертуру. Сначала Вы должны удалить введенный ранее CAO, а для этого имеется несколько способов. Первый состоит в том, чтобы использовать CHG и определить значение CAO равным 0 для каждой поверхности (определяются расчётом); Вы можете также вводить

предложение A1, подобное "3 CAO = 0" для каждой поверхности. Но имеется более легкий способ удаления всех введенных ранее полных апертур:

CHG

CFREE < **SYS** диалог также позволит сделать это

END

Вызовите триплет из библиотеки, напечатайте эти линии и затем попросите о выводе списка EDGE (КРАЯ). Теперь Вы видите, что толщина края последнего элемента только 0.301 мм. Предположим, что Вы желаете более толстую линзу. Вы можете, конечно, просто увеличить толщину этого элемента, который является параметром, и A1 сделает это в ответ на предложение типа

increase the TH of element 3 by 1.5, (Увеличьте ТН элемента 3 до 1.5,).

Кроме этого, Вы можете использовать **CHG** файл и ввести там большее значение толщины. Но толщиной края в ходе оптимизации часто управляют заданные параметры, поэтому воспользуемся программой, чтобы показать, как это делается.

PANT

VY 5 TH

END

AANT

ECP 1.5 .1 5

END

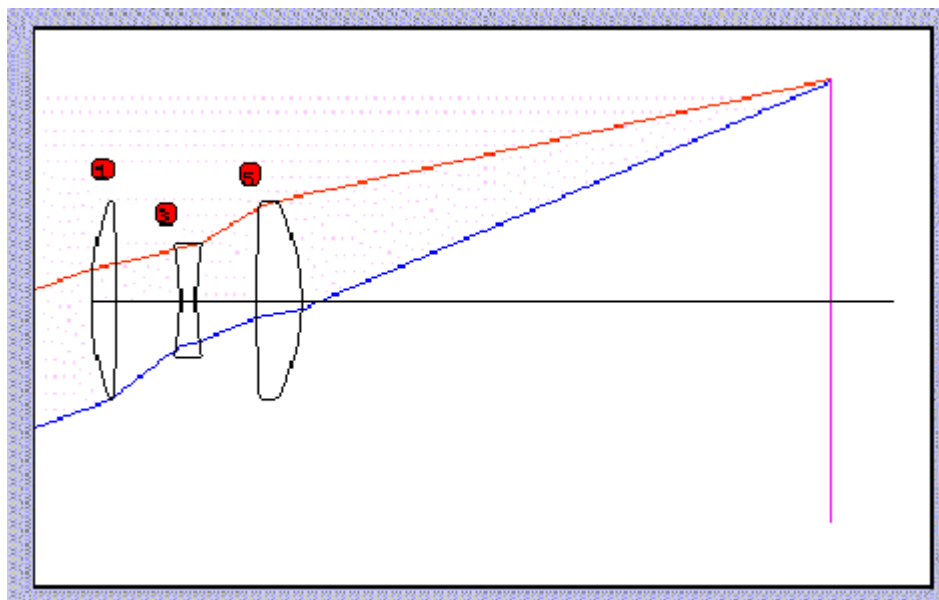
SYNO 5

Вышеуказанные команды изменяют толщину края, а задание цифры 5 перед ТН контролирует толщину края.

<i>Общий формат, контроля (управления) толщины края:</i>
--

{ECP/ECN} TAR WT SN SN SN

Общий формат показывает два вида контроля (управления): команды ECP и ECN. Это пример контроля края, положительной и отрицательной высотами, относится к лучам, по которым должны быть измерены толщины. Посмотрите на рисунок повторно оптимизированной оптической системы, который приведён ниже.



Этот рисунок взят в одном из диалогов **МOM**, где можно только щелкать на поверхности, чтобы контролировать нужный край (см. раздел "Механическое средство управления"). Мы воспользуемся этой возможностью чуть позже, а сначала Вы должны понять, что происходит с ходом лучей в оптической системе.

Верхние и нижние крайние лучи для края поля зрения показаны: красным цветом для положительного луча (Р) и синим для отрицательного луча (N). Край определяется отрезками, отсекаемыми на координатной оси лучом Р на поверхностях 5 и 6, определяющих толщину края в этом примере. Если бы мы хотели управлять краем первого элемента, соответствующий выбор пал бы на "**ECN ...**", так как это *отрицательный* луч, который требует большей апертуры у данного элемента.

Отклонения при контроле толщины края определяются несколько специфическим способом. Если край становится более тонким, чем значение, введенное для TAR, то программа прибавляет толщину так, чтобы абберрация (ошибка) приблизительно равнялась десятой части для каждой единицы WT (BECA). Это довольно грубая ошибка, и правильнее определить нижнюю границу веса при исправлении линзы, где край линзы первоначально слишком тонок. Если край имеет тенденцию становиться **более толстым**, чем указанное значение, то ограничивают верхнюю границу веса. К функции качества отклонения по ECP и ECN прибавляют мало параметров. В примере показано, что требуемое значение края было 1.5 мм, но окончательно край стал несколько более толстый, чем задавался.

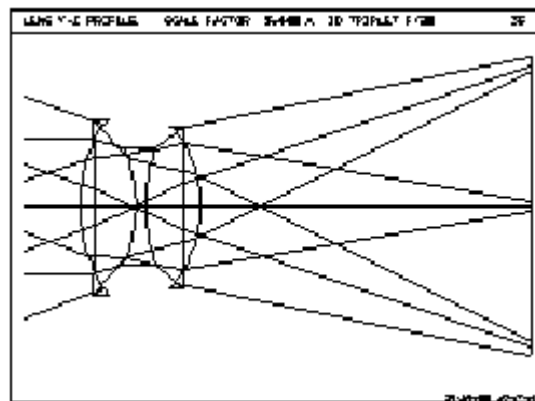
В случае, когда Вы хотите, чтобы край не был ни более толстым, ни более тонким, чем задано, подобный вариант использования мнемонических обозначений **ETP** и **ETN** не допустим для задания края.

Пример оптимизации

Теперь сделаем некоторую реальную оптимизацию оптической системы. Исходный вариант уже хорошо исправлен, если не учитывать отсечённые виньетированием лучи CAO. Теперь мы исправим ход этих лучей и увеличим относительное отверстие оптической системы до величины F/2.8. Исходная система покажет большие aberrации и острые края, которые мы исправим программой оптимизации.

График ниже показывает триплет перед оптимизацией. Чтобы задать его, введите следующие команды:

```
GET 1
CHG
NOVIG
OVB 0 20 8.928
6 UMC - 0.17857
CFREE
ID TRIPLET F/2.8
END
```



К настоящему моменту Вы уже хорошо знакомы с вводом SYNOPSYS, чтобы быстро читать эти команды. Файл CHG выключает проверку виньетирования, чтобы на рисунке обнаружились острые края (иначе, DWG программа провела бы временное изменение зрачка, чтобы изобразить линзы без острого края CAO). Радиус зрачка равен 8.928, и UMC решает, вставлять ли поверхность 6 для гарантии, что F/число будет 2.8. Тогда CAO удаляется вводом CFREE и ID, а изменённая оптическая система, описывается заново.

Для UMC число -.17857 означает прибавление, к чему? Из параксиальной оптики мы знаем, что последний угол луча UA равен $1/(2 \text{ FNUM})$. В отношении F/2.8 мы нуждаемся, а точнее в величине $1/2.8$, которая является углом пространства изображений в радианной мере, это **отрицательный** угол (Вы узнали об этом в Главе 3). Положительный угол идет вверх, к краю изображения. Если луч **снижается** к точке края изображения, то высота здесь отрицательная.

Сейчас оптическая система очень плохо скорректирована, имеет большие aberrации, которые изображены на графике DWG. Зададим функцию качества, чтобы уменьшить aberrации, и вот здесь Вы имеете много вариантов.

Создание функции качества

Это область, где я не могу сказать, что один подход правильный, а другой неправильный. Поскольку Вы получаете опыт работы с SYNOPSIS, то в процессе работы с оптической системой Вы неоднократно будете изменять функцию качества и коррекцию aberrаций. Вы будете регулировать веса, иногда рассчитывать aberrации третьего или пятого порядка, добавлять лучи, если Вы чувствуете, что они необходимы, и так далее. Это хорошее начало, и никогда два расчётчика оптических систем не используют одну и ту же функцию качества, для решения одной и той же проблемы. И Вы будете редко пользоваться одной и той же функцией более чем один раз. Я могу дать здесь только некоторые общие принципы.

Первое условие. Должна ли функция качества быть простой или сложной? Некоторые проектировщики начинают расчёт со сложной функции качества, содержащей сотни лучей, управляя всеми краями линз оптической системы, и т.д. Хотя этот подход часто дает полезные результаты, мое мнение, что лучше начать с простого, если Вы не знаете, что исходная система хорошо корректируется. Одна из причин - в том, что очень простая функция качества, с пятью - десятью лучами, выполняет цикл во много раз быстрее, чем сложная. Если результаты показывают, что Вы не можете исправить даже несколько лучей, которые заданы, то Вы сразу поймёте, что нуждаетесь в другой исходной компоновке оптической системы, и избежите больших временных затрат, проследив сотню лучей только для того, чтобы обнаружить тот же самый результат.

Моя практика показала, что необходимо устранить большинство потенциально ошибочных проблем в начале расчётов, чтобы они не появились в ходе оптимизации. Вы всегда сможете вернуться к предыдущей версии оптической системы и добавить соответствующее число задач. Время, сэкономленное на прослеживании сотен лучей, можно использовать для подробной оценки потенциала исходной или рассчитанной системы.

Однако это не подразумевает, что лучшее качество изображения может быть получено прослеживанием от пяти до десяти лучей. Чтобы достигнуть лучшего баланса aberrаций, иногда необходимо использовать несколько мощных (и более медленных) работ SYNOPSIS. Они в основном прослеживают сетку лучей, заполняющих зрачок, и затем управляют такими функциями, как поперечные aberrации, OPD, дисперсия фронта волнового импульса, определяют допуски размеров или даже дифракционную МПФ.

Диалог оптимизации MOM

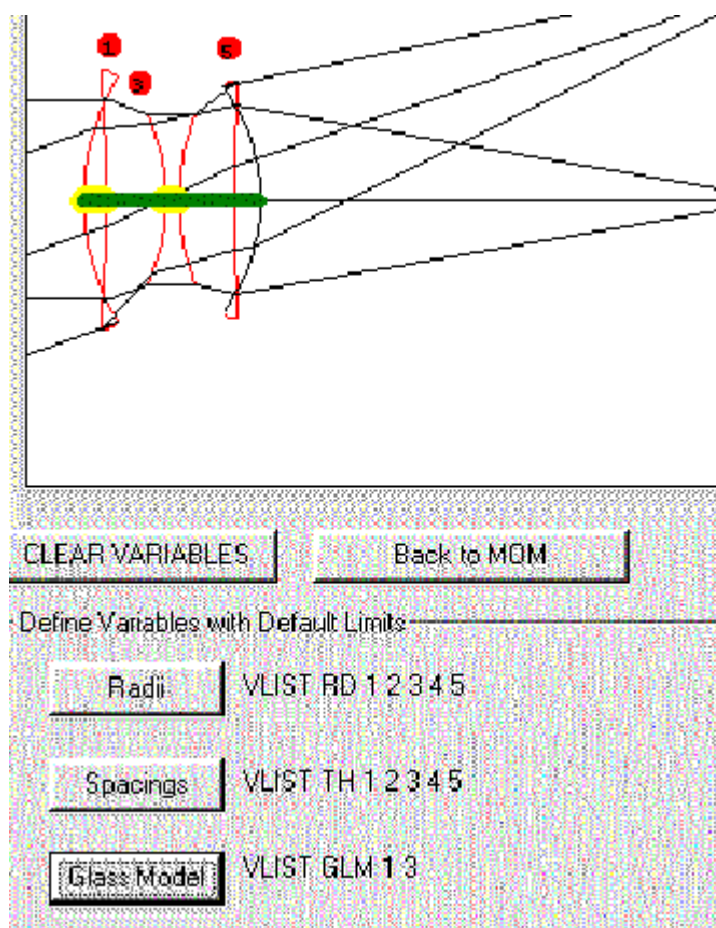
Триплет довольно хорошая реальная исходная система, однако в этом примере мы будем управлять всеми параметрами и использовать диалог **MOM**, чтобы устанавливать функции. Одна из возможностей MOM позволяет Вам готовить MACro из тех линий, которые Вы зададите, даже возможно определение контрольных пунктов (точек) в ходе оптимизации. Если MOM не обеспечивает эти задачи, то для продолжения оптимизации, Вы можете задать их в MACro.

Сохраните исходную оптическую систему (с F/2.8) в библиотеке, в положении 2. **Всегда** сохраняйте вашу исходную систему. Я проектирую исключительно с MACro, и первая линия обычно команда **LOG** и затем команда STORE (АРХИВ), чтобы сохранить автоматически исходную систему. Результаты оптимизации будут сохранены в положении 10, если выключатель 42 ВКЛЮЧЕН, но я обычно помещаю вторую команду STORE (АРХИВ) *после* команды оптимизации, давая вариантам расчётов различные положения в библиотеке. Таким образом, я имею копии "до" и "после" оптимизации независимо от случайностей.

Следуйте этой последовательности: напечатайте **MOM**, затем щелкните этими кнопками:

Define Variables	Определение Переменные
Radii	Радиус
ALL	BCE < направо от кнопки Радиуса
Spacings	Интервалы
ALL	BCE < направо от кнопки Интервалов
Glass Model	Выбор стекол

На этот раз не нажимайте "ALL"; а щелкните на вершине поверхностей 1 и 3. Так Вы выберете переменные для вашего варианта. (Команда "ALL", в этом случае, работала бы также.) Набор переменных теперь надо запомнить.



При задании этого варианта, Вы получите окончательный расчёт для выбранных переменных и позже увидите, что он не всегда правильный. А пока, щелкните на "Back to MOM" ("Назад MOM"), и затем щелкните следующее:

Select Standard RayGrids

Use <-- the first one

Field Points <-- the first one

RayGrid <-- the first one

M -- Do all colors

Weight <-- type "5"

Выберите Стандарт сетки лучей

Использование < первое

Полевые Пункты (точки) < первая

Сетка лучей < первая

M - Делать все цвета

Вес < напечатает "5"

Use <-- the second one

Field Points <-- the second one

RayGrid <-- the third one

M -- Do all colors

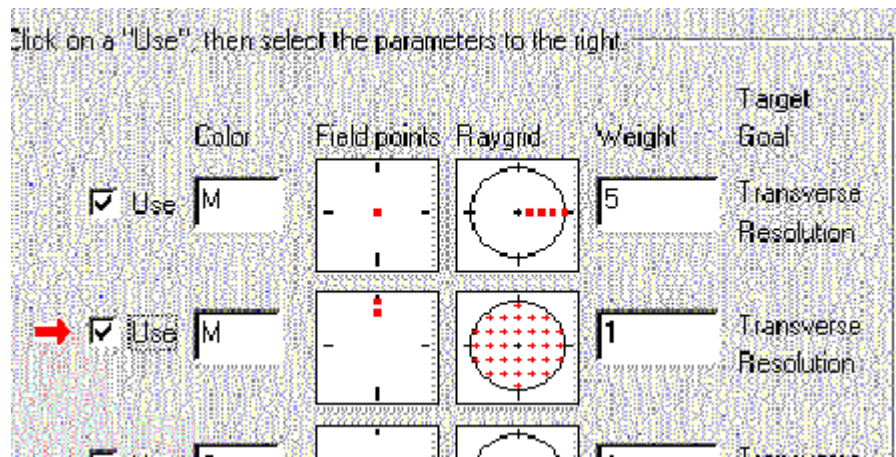
Использование < второе

Полевые Пункты (точки) < вторая

Сетка лучей < третья

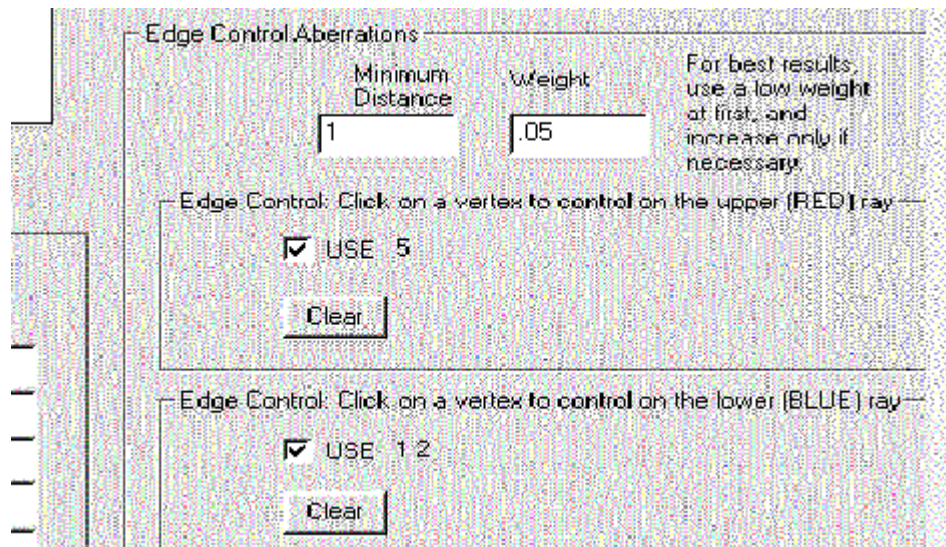
M - Делать все цвета

Поскольку Вы выбрали этот вариант, Ваш выбор показывается на экране:



Вы задали параметры лучей по SFAN в точке касания объекта "с осью" и полную сетку лучей для двух точек "вне оси". Почему точки касания "с осью" разные? Линза - симметричное тело вращения, и SFAN имеет избыточную информацию, если задана полная сетка лучей. Расчёт будет проходить быстрее, если задано меньшее количество лучей, но по этой же причине потребуются задание более высокого веса.

Возвратитесь в режим MOM и щелкните на **"Mechanical Goals"** ("Механические Цели"). В этом диалоге располагается раздел, характеризующий "Контроль aberrаций края", щелкните в окне **USE** (ИСПОЛЬЗОВАНИЕ), которое относится к КРАСНОМУ лучу. Теперь щелкните на рисунке оптической системы, в вершине поверхности 5. Повторите это в окне, которое относится к СИНЕМУ лучу, и затем щелкните на поверхностях 1 и 2. Измените заданные значения на 1 мм и вес на .05.



Вы потребовали, чтобы SYNOPSYS управлял толщиной края между поверхностями 1 и 2 и между 2 и 3 по ходу нижнего крайнего луча, и у поверхности 5 по верхнему крайнему лучу.

Теперь возвратитесь в режим MOM и щелкните "MACro". Теперь Вы сможете управлять оптимизацией непосредственно из режима MOM, но если захотите,

то позже можете изменить параметры в MACro файле. После задания названия файла введите "trip" ("захват").

Вы оставили таблицу в проверенном MOM режиме, который помечен "Monitor optimization with the SketchPAD display" ("Контрольная оптимизация с показом Блокнота"). Это означает, что показ PAD будет непрерывно обновляться в течение оптимизации. Но сначала Вы, вероятно, захотите увидеть основной вид экрана. Вместо щелчка по Управляющей кнопке в MACro редакторе, щелкните по кнопке Блокнота и затем запросите об основном наборе графиков aberrаций лучей, полихроматизма и масштаба 0.2. (Теперь оптическая система должна иметь вершины.) Щелкните по Управляющей кнопке в редакторе и наблюдайте за оптической системой, поскольку она оптимизируется.

ОКОНЧАТЕЛЬНЫЕ значения aberrаций

Результат получился хороший. MOM построила 206 aberrаций, которыми можно управлять. Если Вы напечатаете

FINAL (ОКОНЧАНИЕ),

то Вы получите список целого набора функций вместе с окончательными значениями каждой функции и относительными результатами, которые влияли на полную функцию качества. Обычно Вам не требуется видеть их все, однако полезно исследовать, скажем, пять наиболее больших aberrаций. Если одна или две из них доминируют над функцией качества, которая является ключом, то это затруднит Вам понимание того, что тормозит коррекцию оптической системы. Тип

FINAL 5 (ОКОНЧАНИЕ 5).

Теперь Вы увидите только пять функций. Давайте посмотрим некоторые варианты этой функции качества. Имеется версия MOM, помещенная в редакторе:

```
PANT
VLIST RAD 1 2 3 4 5
VLIST TH 1 2 3 4 5
VLIST GLM 1 3
END
AANT
GSR .75 5 4 1 0 0
GSR .75 5 4 2 0 0
GSR .75 5 4 3 0 0
GNR .75 1 3 1 .75 0
GNR .75 1 3 1 1.0 0
GNR .75 1 3 2 .75 0
GNR .75 1 3 2 1.0 0
```

GNR .75 1 3 3 .75 0
 GNR .75 1 3 3 1.0 0
 ECP 1 .05 5
 ECN 1 .05 1 2
 END
 SNAP
 SYNOPSIS 20

Корректировка лучей и определение aberrаций

MOM выбрала aberrации формы GSR и GNR (ОБЩИЙ), из вариантов, внесенных в список ниже.

GNR RT WT DEL ICOL HBAR GBAR [SN [F [WT]]]	Поперечные координаты
GSR RT WT DEL ICOL HBAR GBAR [SN [F]]	Сагиттальный пучок, исправить только XC
GTR RT WT DEL ICOL HBAR GBAR [SN [F]]	Меридиональный пучок, исправить YC
GPR RT WT DEL ICOL HBAR GBAR [SN [F [XWT]]]	Аберрации, измеренные от основного луча на этой длине волны
GNO RT WT DEL ICOL HBAR GBAR [0 F]	OPD объекта
GSO RT WT DEL ICOL HBAR GBAR [0 F]	Сагиттальный пучок, только
GTO RT WT DEL ICOL HBAR GBAR [0 F]	Меридиональный пучок, только
GPO RT WT DEL ICOL HBAR GBAR [0 F]	Ссылка (рекомендация) для основного луча
GNN 0 WT DEL ICOL HBAR GBAR [SN [F]]	Исправление центрального, не главного положения луча
GNV 0 WT DEL ICOL HBAR GBAR [0 F]	Дисперсия Фронта импульса
GPV 0 WT DEL ICOL HBAR GBAR [0 F]	Ссылка (рекомендация) для основного луча

Эти формы объясняются в Справочнике Пользователя.

Изменение кодов стёкол в стеклянной модели (GLM)

Стеклянная модель GLM используется при проектировании оптических систем из оптического стекла прозрачного в визуальном диапазоне длин волн электромагнитного спектра. Если Вы меняете стекло в этой системе, то фактически изменяете две переменные, индекс (показатель преломления стекла) и коэффициент дисперсии. Приближенные значения индекса (показателя преломления) образцового стекла SYNOPSIS вычислит для каждого расчётного

диапазона длин волн оптической системы, учитывая только Nd и Vd коэффициенты.

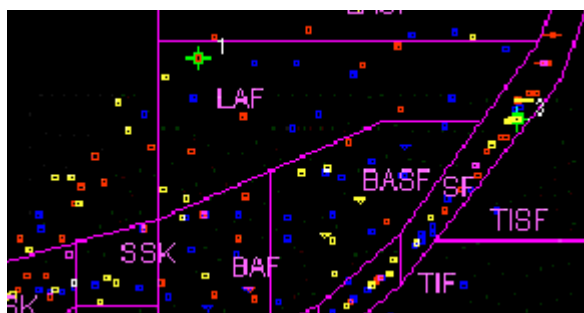
Сейчас мы заменим стекло первого и второго элементов; а третий элемент подберёт стекло для первого элемента и, исключит его из дальнейшей оптимизации. После того, как оптимизация закончена, Вы можете исследовать список SPEC, чтобы увидеть, какой показатель преломления и коэффициент дисперсии стекла были выбраны, а затем вставить реальное стекло из каталога с ближайшим показателем преломления. В течение этой оптимизации Вы видели сообщения

***** GLASS PINNED, VAR. NO. 12 *****

***** СКРЕПЛЕННОЕ СТЕКЛО, VAR. N. 12 *****

Сообщение в Окне команды. Вам сообщается, что значение показателя преломления или, более вероятно, дисперсии показателя преломления хотело выйти за границы табличных значений. Если такое происходит, то SYNOPSYS удаляет одну из этих переменных (Nd или Vd) и от этой точки перемещает параметр по границе значений, которая была нарушена.

Когда моделирование стекла закончено, мы должны вставить параметры реального стекла. Войдите в PAD (ДОПОЛНЕНИЕ), и щелкните по кнопке "BK7" таблицы каталогов стёкол, а затем выберите стекло по каталогу Шотта (Schott). Вы увидите графики параметров стекол из каталога Шотта и два цветных круга, отмечающие расчётные параметры стекла. Щелкните на черном квадрате, чтобы делать фон черным, на нём их лучше видно. Щелкните на символ стекла около круга для поверхности 1, и затем нажмите PAD на экране монитора. Щелкните, "Apply" ("применить"). Сделайте то же для смоделированного стекла поверхности 3. Теперь линза будет иметь параметры реального стекла вместо расчётных параметров.



На следующем этапе, обычно, повторно оптимизируют оптическую систему, содержащую новые типы стёкол. В MACro редакторе, удалите линию, которая читается как

VLIST GLM 1 3

и введите файл снова. Вы только что разработали оптическую систему.

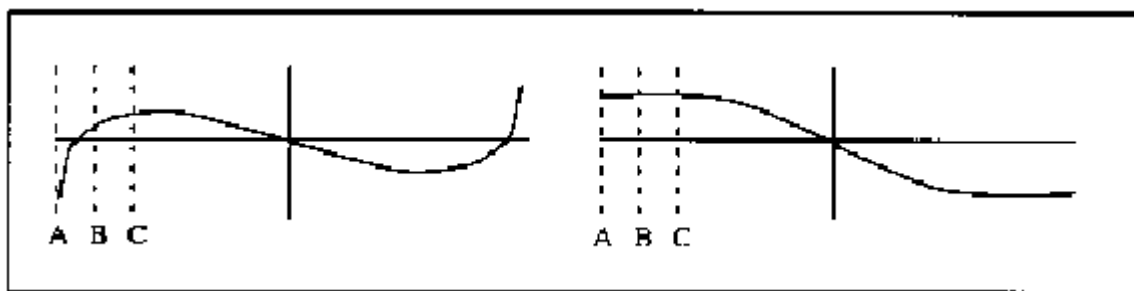
Что Вы не сделали? Центральный элемент, слишком толстый? Но мы не вышли за пределы переменных, это обычный результат. Хотите изменить толщину? Удалите номер переменной в списке **VLIST TH ...**, и продолжите расчёт. Или возвратитесь в работу MOM, и введите эту толщину в нижнюю часть диалога переменных, где сможете задать ей Ваши собственные верхние и нижние пределы. Имеется большое количество способов и вариантов продолжения, и Вы знаете, что может делать SYNOPSIS и что Вы должны делать, чтобы проектировать оптические системы.

Локальные минимумы

При оптимизации оптической системы существует проблема это так называемые "локальные минимумы". В процессе расчёта часто встречаются дискретные области решений, и программы оптимизации вообще не способны при выходе из одной области обнаружить и перейти к другой лучшей области решений. Чтобы сделать это, необходимо на пути к более сложной системе временно перейти к параметрам более простой оптической системы, а это большинство алгоритмов запрещает.

Одно из решений этой проблемы - программа с опытной системой XSYS, которая может делать глубокие изменения (замены) в структуре оптической системы. Эта работа не описана в обучающей программе, однако Вы можете прочитать о ней в Справочнике Пользователя.

Иногда плохо выбранный набор лучей заставляет оптическую систему вести себя так, как, если бы она была в локальном минимуме. Рассмотрим кривые aberrаций, приведённые ниже.



Если бы функция качества должна была исправить лучи в зонах A и C, то эти две TFAN кривые дали бы относительно оси одинаковые aberrации. Добавление луча B заставило бы график слева лучше исправить появившуюся разность, так как этот луч имеет меньшую aberrацию. Но фактически график aberrаций справа более предпочтителен, так как он имеет меньше aberrации высших порядков и, вероятно, может быть улучшен при дальнейшей корректировке. Вы видите, что простое добавление луча не всегда улучшает результат. Как добиться для оптической системы лучших вариантов решений?

Одна из полезных процедур управляет непосредственно **наклоном** TFAN, а также поперечными aberrациями. Если Вы уменьшите **разность** между

отрезками, отсекаемыми на координатной оси лучами А и С, то aberrации оптической системы, вероятно, уменьшатся. Один из способов сделать это в SYNOPSIS, приведён ниже:

```
AANT
M 0 1 A 2 YC 1 0 -1
M 0 1 A 2 YC 1 0 - .6
M 0 2 A ABR -1
S ABR -2
J
END
```

В этом сегменте функции качества, мы сначала определяем отдельные YC aberrации для лучей А и С. Они уменьшают поперечные отрезки, которые измеряются, от пересечения координатной оси с этими двумя лучами, до пересечения координатной оси с главным лучом. Следующая задача определяет разность, между "ABR-1" и "ABR-2", которая является удобным способом многократного сравнения различных отрезков координатной оси, полученных на более ранних этапах расчёта. "ABR-1" - величина предыдущей aberrации, в то время как "S ABR-2" - разность с предыдущей aberrацией. (Вы можете также определить абсолютное значение aberrации, вводя положительное число; тогда "ABR-2" обозначала бы вторую aberrацию в AANT файле.)

Другое мощное средство достижения цели, это поперечный отрезок, отсекаемый на координатной оси *и* OPD выбранных лучей. Так как OPD - интеграл кривой aberrации ТАР, то этот способ минимизирует область под кривой, и в то же самое время уменьшает выбранные aberrации луча. Однако Вы, должны быть осторожны при назначении весов; *каждое* OPD отклонение - aberrация в одну длину волны, а хорошее качество изображения во многих случаях соизмеримо с длиной волны. В то же время, длина волны является единицей измерения поперечной aberrации, что вообще затрудняет понимание. Полезное правило для назначения величины веса:

4 FNUM λ / 25400, если размеры линз измеряются в дюймах, и
4 FNUM λ / 1000, если единицы измерения миллиметры.

Например, система, работающая с F/10 на длине волны 0.5 мкм, потребовала бы относительный вес для OPD aberrации приблизительно в 0.0008, если его задавать в дюймах, и в 0.02, если его задавать в миллиметрах, отрегулировав, конечно, по мере необходимости баланс aberrаций, который Вы желаете.

Другой способ позволяет *рассудительно* использовать третьи и пятые порядки aberrаций. Просто запросить, чтобы все aberrации третьего порядка были равны нулю, это плохая идея, так как надлежащий баланс aberrаций *требует* ненулевых значений третьих порядков. Но иногда специфическая aberrация, может не поддаваться исправлению. Типичный пример это оптическая система типа двойной Гаусс с aberrациями пятого порядка типа SOBSA

(меридиональная сферическая абберрация) или даже простая кома в оптической системе, которую Вы корректируете, должны легко компенсироваться.

В таких случаях полезно включить третьи или пятые порядки временно, с довольно высоким значением веса, вынуждая оптическую систему изменять радиусы к формам, которые определенно исправят эти абберрации. Вы можете получить полезную исходную систему для большого количества шагов оптимизации в лучшей области решений или получить оптическую систему только с одной исправленной абберрацией, а другие будут серьезно ухудшены. В этом случае Вы будете знать, почему ошиблись: часть задач была несовместима с остальными задачами, и теперь Вы можете исследовать способы исправления, возросших абберраций.

Абберрации третьего и пятого порядка

Вы поместили в AANT файл с указанием исправить SOBSA:

M. 0 1 SOBSA

<i>Общий формат, абберрации нулевого, третьего и пятого порядка:</i>	
M TAR WT {A / S / MUL / DIV} name	

Где название (name) - одно из следующего:

FOCL	BACK	TOTL	GIHT	EPP	DELF	FNUM
YP0	TH0	YP1	YMP1	XMP1	XP1	
SA3	CO3	TI3	SI3	PETZ	DI3	
PAC	PLC	SAC	SLC			
SA5	CO5	TI5	SI5	ECOM	DI5	
TOBSA	SOBSA	SAPU	COPU	ASPU	DIPU	

Когда оптическая система находится около оптимума, и ваша "любимая" функция качества больше её не улучшает, то Вы можете исследовать некоторые из более медленных работ типа GNV абберрации или максимизирования дифракции MTF. Не удивляйтесь, если окончательные абберрации лучей выглядят у откорректированной оптической системы на первый взгляд *хуже*, чем у исходной. Причина одна, ваша любимая функция качества (или любой способ, основанный на поперечных отрезках, отсекаемых на координатной оси) не улучшит оптическую систему более чем, оптимизация оптической системы на основании теории дифракции.

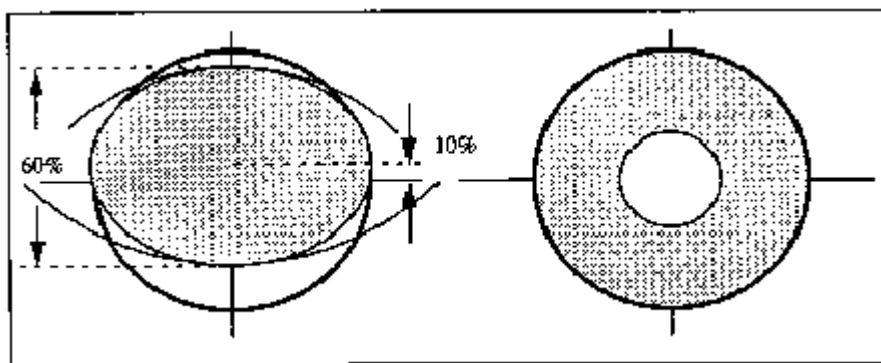
Вы сделаете больше, если минимизируете диаметр абберрационного пятна. Работы GNV и MTF могут обеспечить лучший баланс абберраций, а это именно тот, в чём Вы нуждаетесь. Оптимизация GNV была описана выше; MTF оптимизация описана в Справочнике Пользователя.

Выбор зрачка при оптимизации

Вышеупомянутые примеры иллюстрировали два метода определения лучей, которые будут исправлены: первый требует самостоятельного ввода явных параметров луча, а второй просит, чтобы программа произвела выбор. В главе 3 Вы прочли относительно всех выборов зрачка, которые являются доступными в SYNOPSYS, наряду с замечаниями, что при оптимизации имеются собственные правила. Причина одна - целесообразность; оптимизация может быть длинным процессом, и каждый пользователь хотел бы избежать, если это возможно, медленного выбора зрачка.

По этой причине, программа оптимизации вообще игнорирует проблемы подобные виньетированию при полных апертурах и острые края линз, если это определенно не задано расчётом aberrаций подобно ECP, и т.д. Если Вы задаёте указанный луч, то этот луч будет, исправлен, виньетирован он фактически или нет. Это ваша работа, если Вы любите исправления, то можете составить функцию качества так, чтобы требуемый луч (и) фактически прошёл через систему. Исключение из этого правила это работа WAP 3; так как виньетирование в CAO рассматривается неявно, когда зрачок определен, то это, конечно, затрудняет определение всех лучей, так как они определяются зрачками. Это очень медленная работа.

Если Вы ожидаете, что окончательный вариант оптической системы будет виньетировать точки изображения "вне оси", то не надо пытаться исправлять те лучи, которые будут "потеряны". Если Вы вводите все ваши задачи для луча, то можете просто выбирать, что хотите. Автоматические возможности генерации луча требуют дополнительного параметра, определение того, какая часть зрачка должна быть исправлена. Имеется два варианта: выбор VFIELD позволяет Вам определить дробную часть виньетирования (до девяти полевых точек). Или Вы можете использовать VSET выбор, подобный CSET выбору, который принадлежит файлу оптической системы. Предположим, что Вы ожидаете, и можете допустить, виньетирование до 40% для полного угла поля зрения, как показано слева на нижнем рисунке.



Часть зрачка, в пределах которого Вы хотите исправить aberrации - приблизительно 60% нормальной высоты, децентрирована приблизительно на

10% в вертикальном направлении. Чтобы определить этот вид зрачка в SYNOPSYS, включите следующую команду в AANT файле:

VSET .6 .1

Этот ввод обладает всеми возможностями (при оптимизации), когда создаются лучи по типу GNR, AUTO, MTF, и даже ECN и ECP, но *игнорируются*, вводимые Вами собственные параметры лучей, типа XA, YC, OPD, и т.д. Другими словами, когда Вы сами вводите лучи, то всё о чем Вы просите, не выполняется. Параметр VSET приводит зрачок в соответствие с дробной корректируемой областью поля зрения.

Другая часто применяемая форма зрачка - виньетированная, показанная справа на предыдущей иллюстрации. Виньетированная часть составляет приблизительно 30% диаметра зрачка, и ввод файла AANT будет:

OBSET .3

Он определяет зону с лучами для расчёта аберраций. Команда VSET сокращает количество лучей по координате Y, чтобы приспособить для расчёта меньший эллипс, в то время как команда OBSET просто отсекает все лучи в пределах виньетированной области.

Другие варианты оптимизации

Возможности оптимизации в SYNOPSYS - один из наиболее сложных (искусственных) разделов в программе, и только некоторые из этих основ были изложены в Справочнике Обучающей программы. Теперь я кратко расскажу о некоторых других, которые описаны в Справочнике Пользователя. Одна из оптимизаций выполняемая программой - автоматическая по пробному стеклу (test plate), которая приспособливает выбранные по тесту (нормативному документу, например ГОСТу), поверхности, вносит в список каждый раз по одной поверхности и затем после удаления этого радиуса из набора переменных повторно оптимизирует оптическую систему. Часто возможно использовать для всех поверхностей оптической системы, одну и ту же функцию качества как в нормальной оптимизации.

Возможно задание, сначала, аберраций третьего или пятого порядка только для *части* оптической системы, как для полной системы. Исправленные, таким образом, аберрации могут стабилизировать аберрации трансфокатора, компенсировать аберрации данного элемента, возможно, сделать их вклад менее чувствительным, чтобы перемещать или концентрировать аберрации.

См. Справочник Пользователя с описанием возможностей ZFILE для расчёта трансфокатора, который позволяет Вам оптимизировать оптическую систему для десяти положений, изменяющих масштаб изображения в каждой (отдельной) конфигурации.

Для оптимизации инфракрасных систем, можно управлять эффектом "нарцисса" данной поверхности на основании aberrаций первого порядка, как однородностью потока излучения в конденсорной системе.

Когда Вы хотите исправить некоторую комбинацию простых aberrаций, заданных выражением "{A / S / MUL / DIV}", Вы определяете сложную aberrацию в форме уравнения (до девяти параметров), каждый из которых соответствует простой aberrации. Это уравнение может содержать тригонометрические или показательные функции, квадратные корни, и т.д. это основное выражение достаточно для решения любых задач пользователя.

Полное общее мультikonфигурационное задание оптимизации может выполнять одновременно до семи отдельных вариантов оптических систем, с учётом указанных параметров, которые будут общими для них. Вы можете, например, проектировать оптику для демонстрации голографического оптического элемента (НОЕ) и в то же самое время оптимизировать качество изображения системы, параметры которой передаются параллельно выполняемой работе.

Многие пользователи SYNOPSIS способны делать эти работы, используя только возможности, описанные в этом справочнике. Программа SYNOPSIS предлагает много дополнительных возможностей. Следующая глава рассмотрит некоторых из распространённых типов оптических систем: системы с отражающими поверхностями и системы, нецентрированные с наклонами и децентрировками.

Глава 7

Возможности Пользователя

Теперь, когда Вы узнали основы управления SYNOPSIS, позвольте предложить Вам несколько более сложный материал. В этой главе Вы увидите примеры некоторых систем с отражающими поверхностями, зеркалом Манжена, виньетированием, наклонами и децентрировками и сможете анализировать Вашу оптическую систему в разных системах координат.

Системы с отражающими поверхностями

Имеется зеркальный телескоп с зеркалом Манжена, вторичным зеркалом и тремя линзами, которые переносят изображение во вторичный фокус. При расчёте телескопа требуется одновременное исправление aberrаций зеркальной и линзовой систем. Вы можете напечатать это в MACro редакторе или последовать образцу приведённому ниже.

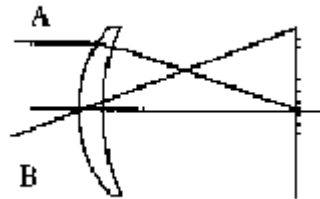
RLE		
ID RELAY		Телескоп

TELESCOPE			
OBB 0 .25 8.0	<--	This is a 16 inch aperture, .5-degree field	Входной зрачок 16 дюймов, поле зрения 0.5 градуса
UNITS INCH	<--	Switch 24 is on, so the default is mm	Выключатель 24 включён, расчёты производятся в миллиметрах
1 RD -98.85 TH - 37.8638 MAIR	<--	Following the first mirror, the index becomes negative	После первого зеркала, показатель преломления материала становится отрицательным
2 RD 22.90473 TH - .5 N2 - 1.5 GTB S SK12	<--	Here we enter any negative index, so the glass table glass will also be negative	Здесь мы вводим любой отрицательный показатель преломления материала, так что стекло из каталогов также будет отрицательным
3 RD 536.59216 PTH -2 PIN -2			
4 PCV 2 YMT 0			
5 TH 5.04396			
6 RD 13.96087 TH .25 GTB S			
BK7			
7 RD -5.65247 TH 6.41386			
8 RD -1.70879 TH .25 GTB S			
SF6			
9 RD -1.88028 TH 7.98917			
10 RD -72.74201 TH .315 GTB S BASF12			
11 UMC .0714 YMT	<--	This calls for an F/7 system	F/7 - задание системе относительного отверстия
12			
1 CAI 2.1			
END			

Комментарии выше объясняют многое из того, что является специальным для данной системы. Первый пункт это то, что показатели преломления среды (и толщины) изменяют знак после каждого отражения. Показатель преломления среды после поверхности 1 (первичное зеркало), поэтому MAIR [М(инус) AIR] вместо AIR, и поверхности 2 необходим отрицательный показатель преломления среды, так как лучи падают на эту поверхность справа. (Лучи могут идти *неправильно* через среды с положительным или с отрицательным показателями преломления. Эти лучи называются *странными лучами*, и правила задания хода таких лучей отличаются от *нормальных лучей*. Вы прочитаете о них в Справочнике Пользователя.) Так как поверхность 2 - стекло из каталога стёкол, которые обычно имеют положительные показатели

преломления, мы сообщаем программе, что этот показатель преломления действительно должно быть отрицательным для этой поверхности.

Дальнейшее Вам знакомо; имеется УМТ, заданное от поверхности 4 так, чтобы фиктивная поверхность с номером 5 была бы в промежуточном параксиальном фокусе. УМС заданная от поверхности 11, имеет относительное отверстие F/7 и, в этом случае, должна быть уверенность, что параксиальный крайний луч в данной точке, идёт *вверх*. На рисунке ниже Вы видите, как промежуточный фокус реверсировал (изменил) обычный знак угла.



Поверхность 3 - отражающая поверхность зеркала Манжена, так что показатель преломления здесь становится снова положительным, и так как поверхность 4 физически идентична поверхности 2, то мы используем тоже правило. Здесь толщина, изменяющая знак, обозначается вводом РТН-2. По правилу показатель преломления среды также изменяет знак, и РСВ на поверхности 4 определит ход лучей в прежнем направлении.

Обратите внимание, что поверхность 4 должна быть введена как отдельная поверхность в файле оптической системы, так как программа автоматически не знает, что через эту поверхность лучи проходят дважды. Каждая поверхность должна быть введена в порядке, в котором лучи проходят через систему, кроме режимов непоследовательного хода лучей, но эта тема не для новичков.

Первичное зеркало имеет отверстие, задаваемое СА1 вводом.

SN CAO RADIUS XOS YOS SN CAI RADIUS XOS YOS	Circular radius outside, X, Y decentration Inside	Внешний радиус круга, децентрировка по X и по Y Внутренний радиус
SN RAO XS YS XOS YOS SN RAI XS YS XOS YOS	Rectangular aperture, side lengths in X, Y Inside	Апертура прямоугольная, длина стороны по X и Y Внутренняя
SN EAO B A XOS YOS SN EAI B A XOS YOS	Elliptical outside aperture; semi-axes in X, Y Inside	Апертура внешняя эллиптическая; полуоси по X, Y Внутренняя

Имеются другие апертурные формы, которые Вы можете использовать, чтобы задавать форму многоугольника или аподизацию разных видов. Они находятся

в Справочнике Пользователя в **SPS** диалоге. Определите децентрируемую апертуру с параметрами смещения по X и Y - XOS и YOS соответственно.

Сохраните эту оптическую систему в библиотеке, потому что мы собираемся вносить в неё разнообразные изменения. Исследуйте качество изображения командой **RPT .001 10 2 1 3** или **MRR** диалогом. Результаты показаны ниже

SYNOPSIS AI>SEEN 5 2		Сагиттальный пучок из 5 лучей для 2 цвета		27-JAN-98	07-29-96
ID SINGLET					
SAGITTAL RAY FAN ANALYSIS					
FRACT. OBJECT HEIGHT		HEAR	0.000000	GBAR	0.000000
REL ENT PUPIL	RAY ABERRATIONS				
XEN	DELTA X	DELTA Y	Эта колонка даёт часть координат входного зрачка		
0.200	-0.005598	0.000000			
0.400	-0.053018	0.000000			
0.600	-0.180281	0.000000			
0.800	-0.431893				
1.000	-0.855315				
SYNOPSIS AI>TFAN 5 2 1		Меридиональный пучок из 5 лучей для 2 цвета и полного поля		27-JAN-98	07-30-21
ID SINGLET					
TANGENTIAL RAY FAN ANALYSIS					
FRACT. OBJECT HEIGHT		HEAR	1.000000	GBAR	0.000000
CHIEF RAY COORD. AT IMAGE		Y	7.431137	X	0.000000
GAUSSIAN IMAGE HEIGHT			7.431078		

Из-за экранирования, имеется отверстие в центре графиков aberrаций. Если бы оптическая система была в режиме NOVIG, то отверстие не появилось бы, так как виньетирование тогда игнорируется. Заметьте маленькое "X" на каждой TFAN координате; это положение GIHT (Гауссова высота изображения) и она показывает Вам искажение в этой точке поля. Если Вы захотите исправить эти искажения, то у Вас один путь к достижению цели - функция качества (в AANT файле) разность между GIHT и отрезком, отсекаемым на координатной оси реальным лучом на краю поля зрения:

M 0 1
GIHT
S 2 YA 1

Предположим, что Вы захотите сделать это для половины угла поля зрения. Тогда Вы вычитаете *половину* GIHT от YA на половине поля зрения. Имеется:

M 0 1
A GIHT
DIV CONST 2
S 2 YA 5

В этом примере мы делим GIHT константой 2, и затем вычитаем отрезок, отсекаемый на координатной оси лучом.

Программы общего пользования в SYNOPSIS

Теперь исследуем некоторые из программ общего пользования в SYNOPSIS. Рассматриваемая выше система имеет внутреннюю фокальную плоскость, где изображение плохо исправлено. Как исследовать промежуточное изображение на поверхности 5, а не в фокальной плоскости?:

CHG	CHG
5 MXSF	5 MXSF
END	КОНЕЦ
RPT 0 10 2 1 3	ПОВТОРЕНИЕ 0 10 2 1 3

CHG ввод "MXSF" означает, что поверхность 5 последняя, после которой отсекается остальная часть системы. Команда **RPT** (ПОВТОРЕНИЕ) имеет коэффициент Ламе (форма задания масштаба) равный нулю, который заставляет программу саму вычислить масштаб расчёта.

Вы, возможно, заметили проблему, что, рассматривая тот или другой из графиков: трудно прочитать некоторых из номеров (чисел), хотя они надлежащего размера для выполнения твердой копии. На экране не было сообщения, что масштаб последнего графика был 0.02. Увеличить просто. Щелкните по лупе в Графическом Окне, и затем щелкните по картине, которую Вы желаете увеличить.

Расчёт оптической системы

Рассматриваемая отражающая система в настоящее время задана в дюймах. Предположим, что Вы хотите задать её в миллиметрах:

SCALE MM	МАСШТАБ MM
-----------------	-------------------

Предварительно фокусное расстояние было примерно 112 дюймов, а в миллиметрах это 2846. Предположим, что Вы хотите, чтобы система имела фокусное расстояние 5000 мм.

SCALE	ОПРЕДЕЛИТЬ МАСШТАБ
FOCL 5000	FOCL 5000

Чтобы изменять это до 2500, укажите

SCALE 0.5	МАСШТАБ 0.5
------------------	--------------------

Эта работа показана в **MUT** диалоге, и в Справочнике Пользователя.

Наклоны, децентрировки и системы координат

Теперь рассмотрим систему, которая не имеет осевой симметрии. Это инфракрасный телескоп, который позволит Вам использовать разнообразные возможности, а также рассмотреть АФОКАЛЬНЫЕ системы. Напечатайте следующие данные в МАСго редакторе.

RLE	
ID EXAMPLE FOLDED	
SYSTEM	
WAVL 11.5 9.75 8	
OBB 0 10.5 .25 0 14	<-- Note the rectangular field of view
UNITS INCH	
WAP 1	
1 TH 1.4	
2 RD -2.885 TH .125 GTB U	
GE	
3 RD -2.414 TH 0.1844	
4 RD -39.488 TH .125 PIN 2	PIN abbr = personal identification number
5 RD -11.872 TH .06224	
6 RD 1.275 TH .18862 PIN 2	
7 RD 1.16442 TH 1.59327	
8 TH .55678	
9 MAIR	
10 TH -1.24205 MAIR	
11 RD 7.544 TH -.195 PIN -2	
12 RD 4.969 TH -3.42287	
MAIR	
14 TH 2.79342	
15 MAIR	
16 TH -3.28207 MAIR	
17 RD 46.54133 TH -.195 PIN -2	
18 RD 21.157 MAIR	
19 MAIR	<-- These two dummies are explained in the text
20 MAIR	
9 AT 45 0 100	
10 AT 45 0 100	
13 AT 18 0 100	
14 AT 18 0 100	
15 AT 27 0 100	
16 AT 27 0 100	
9 RAO 1.2 1.6	<-- These are rectangular apertures on the fold mirrors
13 RAO 1.5 2.2	
15 RAO 2.0 2.4	

AFOCAL	
END	

RLE	
ID ПРИМЕР	
СВЕРНУТОЙ	
СИСТЕМЫ	
WAVL 11.5 9.75 8	
OBV 0 10.5 .25 0 14	<-- Обращает внимание на прямоугольное поле зрения
ДЮЙМ ЕДИНИЦ	
WAP 1	
1 TH 1.4	
2 RD -2.885 TH .125 GTB	
U	
GE	
3 RD -2.414 TH 0.1844	
4 RD -39.488 TH .125 PIN	PIN - аббревиатура = персональный идентификационный номер, обозначает связь с параметром 2
2	
5 RD -11.872 TH .06224	
6 RD 1.275 TH .18862 PIN	
2	
7 RD 1.16442 TH 1.59327	
8 TH .55678	
9 MAIR	
10 TH -1.24205 MAIR	
11 RD 7.544 TH -.195 PIN	
-2	
12 RD 4.969 TH -3.42287	
MAIR	
14 TH 2.79342	
15 MAIR	
16 TH -3.28207 MAIR	
17 RD 46.54133 TH -.195	
PIN -2	
18 RD 21.157 MAIR	
19 MAIR	<-- Эти два примера объясняются в тексте
20 MAIR	
9 B 45 0 100	
10 B 45 0 100	
13 B 18 0 100	
14 B 18 0 100	
15 B 27 0 100	

16 B 27 0 100	
9 RAO 1.2 1.6	<-- Это прямоугольные апертуры на зеркалах
13 RAO 1.5 2.2	
15 RAO 2.0 2.4	
АФОКАЛЬНЫЙ	
КОНЕЦ	

Эта система имеет прямоугольное поле зрения, определяемое половинами углов в 14 и 10.5 градусов, все линзы выполнены из германия, который находится в нетрадиционном каталоге. Если Вы хотите увидеть, что имеется ещё в этом каталоге; то щелкните вышеупомянутой связью. Вы увидите список, который включает многочисленные кристаллы и материалы ИК диапазона спектра.

Параксиальный фокус этой оптической системы находится в бесконечности. Плохая идея выражать бесконечность в цифровых величинах, однако, программа имеет указание: оптическая система находится в АФОКАЛЬНОМ режиме, который требует, чтобы две последние поверхности совпадали. В таком положении, SYNOPSYS выдаст угловые координаты вместо поперечных отрезков, отсекаемых на координатной оси лучами, выходящими из системы. Вместо линейных единиц, выходные координаты лучей оптической системы выдаются в радианах.

Другой АФОКАЛЬНЫЙ режим позволяет Вам дефокусировать АФОКАЛЬНУЮ систему на небольшую величину, как для фокусировки окуляра при различных аккомодациях; это ACCOMMODATE (РАЗМЕЩАЮЩИЙ) режим, объясненный в Справочнике Пользователя. Через минуту я объясню ввод наклонных поверхностей с мнемоническим обозначением "АТ", но сначала давайте получим графическое изображение системы, чтобы увидеть, что же происходит.

Перспективный (аксонометрический) рисунок

Если Вы решили получить график DWG этой системы, то увидите, что рисунок оптической системы начнётся у основания страницы из-за наклонной системы координат. Попробуйте одну из трёх программ рисунков перспективных видов, находящихся в МРЕ диалоге. Но вместо использования диалога, который мы будем делать в МАСго, напечатайте следующее:

PER 20 30 1 1 99	PER 20 30 1 1 99
PLOT	ГРАФИК
RAY 2	ЛУЧ 2
PUP 4 10	PUP 4 10
RED	КРАСНЫЙ
TRA 2 1 0 10	TRA 2 1 0 10
BLUE	СИНИЙ

TRA 2 -1 0 10
END

TRA 2 -1 0 10
КОНЕЦ

Общий формат для **PER** (перспектива), **RPER** (вращение перспективы) и **SOLID** (твердая модель, копия) показаны в Справочнике Пользователя. В этом вводе для просмотра оптической системы заданы 20 - угол возвышения (по вертикали) и 30 - азимут (по горизонтали). Мы попросили рисунок всей системы выполнить в полном масштабе, но не определили положение (позицию) на странице центра первой поверхности, поэтому программа расположит картину сама.

Имеется много аргументов, которых мы не задавали; и некоторые из них применяются только к **SOLID** (ТВЕРДОЙ) копии, которая выполняется в том же самом формате. Этот вариант рисует также на картине некоторые из лучей по команде **RAY** (ЛУЧ) подобной той, которую Вы уже использовали. Мнемонические обозначения **PUP...** , и **TRA ...** идентичны тем, которыми Вы уже пользовались. Сейчас мы попросим о круге с 10 лучами в верхней и нижней крайних точках поля зрения, выполненными в красном и синем цвете.

Команда **RPER** подобна **PER**, но рисунок показан в специальном окне, где Вы можете наклонить, переместить по экрану, изменить масштаб изображения оптической системы на экране или сделать красно-синюю стереопару. Эти команды имеют обязательную форму ввода; если Вы напечатаете **PER**, например, то прочтаете на экране, что сможете сделать на этом рисунке. Команда **PAD** может также сделать **PER** рисунок, для профилей не соответствующих Y-Z.

REL. ENT PUP'IL YEN	RAY ABERRATIONS DELTA Y
-1.000	0.690437
-0.800	0.330913
-0.600	0.126519
-0.400	0.031257
-0.200	0.002582
0.200	-0.016182
0.400	-0.086046
0.600	-0.251276
0.800	-0.556490
1.000	-1.050795

SYNOPSIS AT>

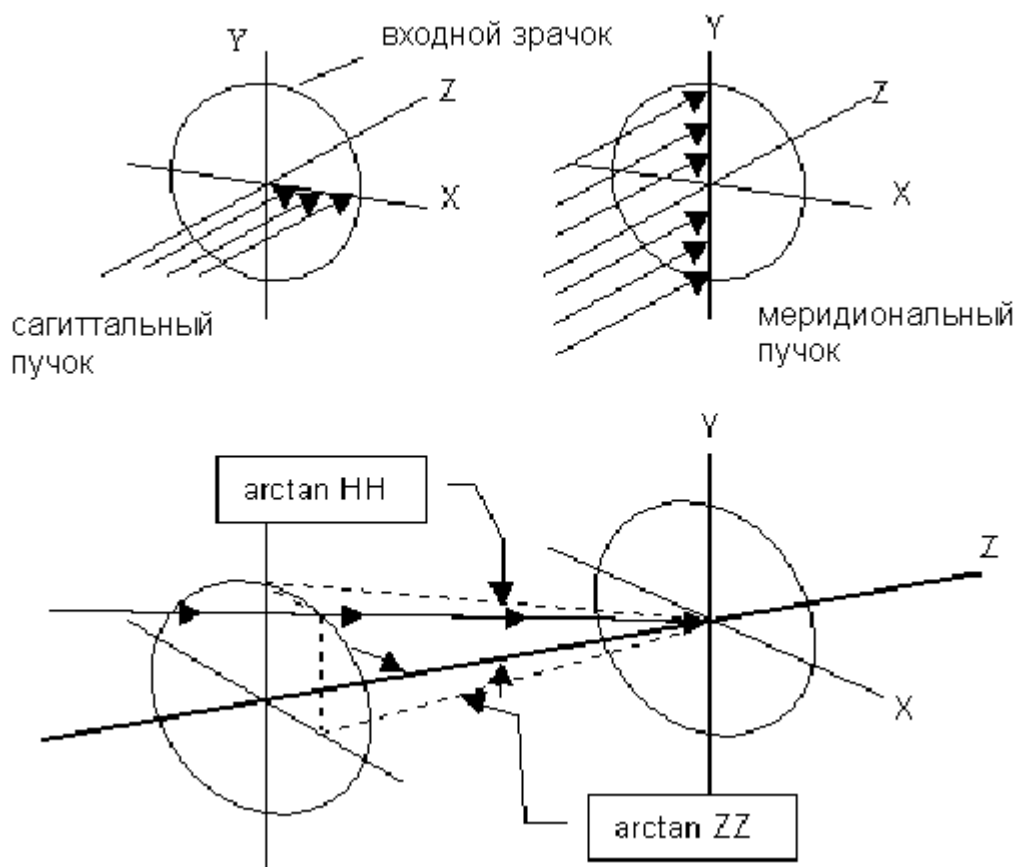
Эта колонка даёт разность между каждым лучом и главным лучом по Y- координате

Если Вы повернёте выключатель 35, то вызовете график показывающий цвета при выполнении рисунка, которые лучше всего видны. Некоторые другие графики, которые Вы делали ранее, например, типа **RPT** (ПОВТОРЕНИЯ), также могут быть цветными, при условии, что этот выключатель **ON** (ВКЛЮЧЕН).

Относительная система координат

Команды наклона, используемые для этой системы, определяют то, что я называю *относительные наклоны*. В **SYNOPSIS** имеется три способа задания

наклонов и децентрировок элементов: **относительные, глобальные и локальные**. Существует формат относительных наклонов и децентрировок.



Все способы задания данных для наклона поверхностей находятся в SPS крупноформатной редактирующей таблице. Относительный наклон наиболее подходящий способ задания для общего использования. Эта возможность разрешает Вам определять наклон в одном отдельном направлении данной поверхности (углы: альфа, бета или гамма) и также смещение по осям (X, Y, Z) одновременно. Это изменяет положение поверхности относительно ее первоначального (нормального) положения, которое обычно задаётся толщиной или воздушным промежутком, назначенным от предыдущей поверхности.

Наклон, вводимый так, может относиться к удаленной точке или вершине поверхности. Может быть наклонена или децентрирована группа поверхностей с указанными номерами поверхностей. Поверхности вне группы остаются в исходном положении.



Пример 2 в таблице показывает простой случай, когда элемент 2 наклонен на 15 градусов. Так как две поверхности наклонены как группа, поверхность 5 остается в исходном положении. В примере 3, линза децентрирована на полдюйма по оси Y. В примере 4 показан наклон, где AXIS (ОСЬ) не основная, а смещённая на один дюйм влево от вершины поверхности 3. В примере 5 третий

элемент наклонён вместе со вторым, потому что в группе находятся четыре поверхности, и в последнем примере, плоскость изображения также наклонена, потому что суммарный размер (100) группы больше, чем возможное число поверхностей в линзе. Вариант группы подобный этой создаёт постоянный наклон оси и децентрировку.

Относительный наклон и децентрировка более удобны, потому что это автоматически полностью изменяет геометрию расположения поверхностей после группы. Однако, это единственная работа, где ось Z данной поверхности (называемой "undo" "отменяющей" ("уничтожающей") поверхностью) соответствует оси перед наклонённой группой.

Например, предположим, что Вы хотите переместить третий показанный элемент для случая, когда поверхность 5 наклонена на 10 градусов, а плоскость изображения осталась в исходном положении. Вы могли бы ввести "5 AT 10 0 2", таким образом, поверхность изображения назначается отменяющей наклон поверхностью 5. Но изображение, как предполагается, отменяет наклон, назначенный для поверхности 3, а это не может выполняться одновременно.

Если Вы прибавляете фиктивную поверхность до изображения, то отменяющую поверхность можно назначить отдельно ("3 AT 15 0 5" и "5 AT 10 0 2") и всё будет работать должным образом. Это правило отменяет наклоны в *изменённом* задании, в котором они были определены, и прибавляет фиктивную поверхность, если это необходимо, чтобы избежать отмены.

Если наклоняемая часть оси не совмещается с осью Z, то Вы можете использовать и другие варианты задания наклонов RAT, RBT, и RGT. Они позволяют Вам задавать положение оси наклона аргументами XR, YR и ZR. Если Вы вводите, и децентрировку и наклон для группы поверхностей, то размеры группы должны быть согласованы, а децентрировка должна быть введена первой.

Относительная система координат наклонов использовалась для свернутой системы, с которой Вы работали. Эта система показывает рекомендуемый путь вводимым зеркалам свертки; пример - поверхности 9 и 10. Поверхность 9 - фактическое зеркало, учитывающее постоянный наклон оси на 45 градусов относительно вершины и изменяющая знак показателя преломления (в этом примере MAIR). Поверхность 10 фиктивная, обеспечивает перемещение оптической оси на дополнительный угол 45 градусов для изменения хода лучей. Этой поверхностью также задают показатель преломления MAIR, так как иначе это будет другое зеркало, а не фиктивная поверхность. Комбинацию объединённых поверхностей 13 и 14, 15 и 16 наклоняют, как "ось свертки".

Вы, вероятно, предпочтете использовать PAD | WorkSheet (КЛАВИАТУРУ БЛОКНОТА) |, чтобы установить зеркала типа свертки, так как программа заботится о фиктивных поверхностях, и все изменения знака проводятся автоматически. Но полезно знать, на чём основан этот вид ввода системы,

особенно, если Вы хотите использовать возможности подобные редактору или тексту редактирующей таблицы WorkSheet (БЛОКНОТА).

Иногда полезно увидеть, как система смотрится без фиктивных поверхностей. Это легко сделать: поверните переключатель 20 на ON (ВКЛЮЧЁН). Любая мнимая поверхность, которая имеет апертуру, введенную пользователем, или является первой или последней поверхностью на рисунке будет обозначаться, а другие не будут видны, и Вы сможете выбирать, те из них, которые захотите обозначить.

Позвольте мне описать два других варианта задания наклонных поверхностей, прежде чем мы делаем некоторые изменения на свернутой системе.

Глобальные координаты

Эти координаты определяют абсолютное положение и угол (углы) поверхности в системе координат поверхности с указанным номером. Например, для поверхности 9 в свернутой системе в глобальных координатах, Вы ввели бы

9 GLOBAL POSITION 0 0 4.06935

9 GLOBAL ANGLE 45

General format, global coordinates:

Общий формат, глобальные координаты:

SN GLOBAL POSITION XG YG ZG

SN GLOBAL ANGLE AG BG GG

SN GLOBAL

Эта система координат позволяет Вам вводить наклоны во всех трех направлениях сразу [интерпретируемых при задании (альфа, бета, гамма) как углы Эйлера], а также децентрировку. При таком задании, абсолютное положение поверхности установлено, и не управляется толщиной, введенной для предыдущей поверхности, так как имеет место относительный наклон.

Программа параксиального хода лучей, которая **игнорирует все наклоны и децентрировки**, берет значение для "толщины" предыдущей поверхности из геометрического расстояния между вершинами глобальной поверхности и предшествующей. Или выбирает произвольно только у Z-компоненты этой системы, в зависимости от параметров требуемых командами GTS и GTZ, о чём Вы можете прочитать в Справочнике Пользователя. Вы можете также **изменять систему** координат, поскольку будете видеть подходит она для вашей оптической системы или нет.

Локальные координаты

Третья система называется системой с локальными координатами, и выполняется по тем же самым правилам, как и глобальная, за исключением того, что положение поверхности вводится в систему координат, определённой ранее предыдущей поверхностью, а не поверхностью с заданным номером. Форматы

General format, local coordinates:
Общий формат, локальные координаты:

SN LOCAL POSITION XL YL ZL
SN LOCAL ANGLE AL BL GL

SN LOCAL

Локальные и глобальные координаты не обеспечивают автоматической, отмены геометрии, как имеет место при относительных наклонах, но для подобной цели предлагается другая возможность. Предположим, что Вы хотите поверхность 12-й линзы, задать в системе координат поверхности 3, после одной или более глобальных поверхностей между ними. Имеется CHG ввод файла:

12 COINCIDENT 3

12 СОВПАДАЮЩИЙ 3

Локальные и глобальные координаты должны использоваться осторожно; если скажем Вы, помещаете фокальную плоскость в любую из этих систем координат, то в это же самое время не сможете использовать YMT. Решайте, что искать: YMT или параксиальный фокус? При определении фокуса Вы не сможете изменять последний ТН, который перефокусирует оптическую систему. Вы можете, однако, изменить глобальные или локальные координаты по PANT файлу, используя мнемоническое обозначение XC, YC, ZC, XL, YL, и ZL для положения, и AG, BG, GG, AL, BL, и GL для углов поверхности.

В последнем примере, я показал, как ввести поверхность 9 в глобальных координатах. Как я сделал это? Я не складывал все толщины, чтобы получить координату ZC. Имеется более легкий путь.

Анализ в других системах координат

Напечатайте следующие команды:

ASY
ASY GLOBAL
ASY GLOBAL 9
ASY LOCAL
ASY 6 10

Первая вносит в список стандарта все наклоны и децентрировки системы в координатах, в которых они были введены. Вторая дает глобальные координаты каждой поверхности. Третья дает координаты каждой поверхности **в системе координат поверхности 9**, в то время как четвертая дает локальные координаты. Последний пример команды дает нормаль ASY к преломляющим поверхностям с 6 по 10, показывая, как можно вносить в список только часть системы. Внесение в список ASY происходит по командам SPEC и PRT, которые находятся в **MLL** диалоге.

Изменение системы координат

Если оптическая система содержит наклоны или децентрировки, то её просто конвертировать (преобразовать) из одной системы координат в другую. Если же Вы хотите изменить координаты поверхности 9 свернутой системы из относительных координат в глобальные координаты, то введите:

```
CHG
9 GLOBAL
END
```

Таким образом, Вы можете изменять ГЛОБАЛЬНЫЕ (GLOBAL), ЛОКАЛЬНЫЕ (LOCAL) или ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ (RELATIVE) КООРДИНАТЫ, но только в CHG файле. Если бы Вы попробовали ввести, эти команды в **оригинале** RLE задающей программы, то для неё глобальная информация была бы ещё не доступной. Так как Вам разрешено вводить все три угла Эйлера, то Вы не сможете **всегда** конвертировать (преобразовывать) оптическую систему из глобальных или локальных к относительным координатам потому, что эти координаты могут иметь одновременно одно и тоже направление.

Эта система линз несколько комплексная (мнимая), и предполагает, что Вы действительно решили анализировать другой повёрнутый вид в пространстве объектов, а не изображений (от сканера). (Этот телескоп IR(ИК) предназначен, **для** присоединения к системе наблюдения, расположенной за поверхностью 1, как введено.) Вы не должны повторно вводить все данные непосредственно; а только тип

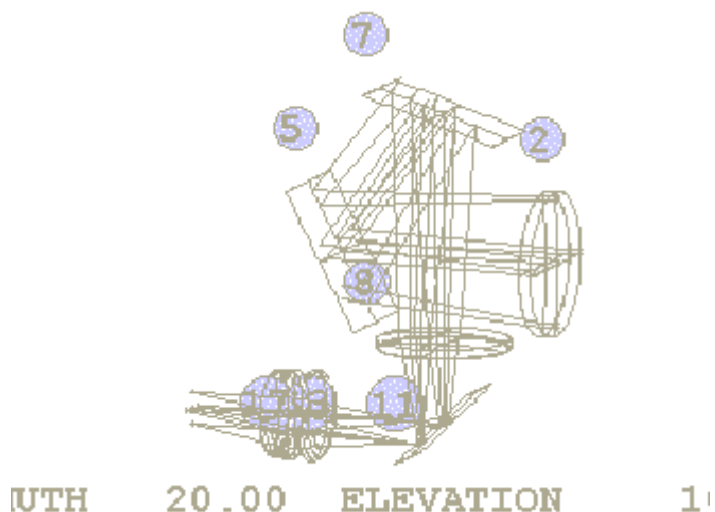
REVERSE (ОБРАЩЕНИЕ)

И система вращается вокруг оси. Чтобы получить быстро изображение этой оптической системы, войдите в PAD и в быстрый ряд

**PP 10 20 (PAD PER) (ДОПОЛНЯЮТ В)
T**

(Эта форма ввода не будет задавать углы, экономя некоторое время.) Оптическая система вращается вокруг оси, и Вы видите, что, в этом случае, показываются повороты налево быстрее, чем направо, как обычно (исходная




оптическая система, заканчивается MAIR). Это разрешено, потому что пространство объекта теперь имеет отрицательный показатель преломления. Чтобы ввести это в RLE файле, Вы напечатайте "0 MAIR". Показ даётся в PAD.

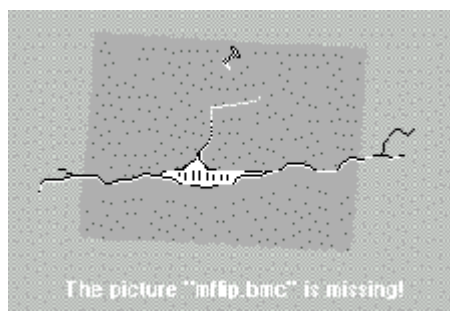


Если Вы поворачиваете оптическую систему вокруг оси второй раз, то это возвращает её в первоначальное положение, за исключением того, что теперь имеется впереди дополнительная поверхность. При первом повороте программа сделала новое положение изображения АФОКАЛЬНОЕ, так как первоначально объект был в бесконечности. Данный режим требует том месте двух совпадающих фиктивных поверхностей, однако, оптическая система обычно имеет только одну в этой точке, поэтому программа прибавляет вторую.

Вы заметили, что показ PAD поместил пронумерованные круги с первой стороны каждого элемента, помогая Вам найти поверхности, но в нашем случае, круги закрывают непосредственно часть оптической системы (из-за направления осей в этой точке). Чтобы сделать показ без кругов, напечатайте **MSS**, и затем поверните выключатель 52.

Сворачивание и разворачивание Вашей оптической системы

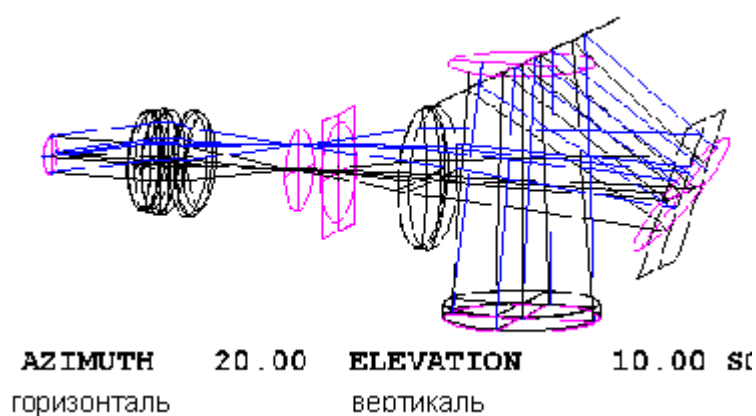
Вы можете вставлять и удалять зеркала свертки двумя способами. Самый легкий путь состоит в том, чтобы обратиться к Блокноту. Здесь Вы можете открыть диалог Блокнота, щелкнув на кнопку  и затем, щелкнув на кнопки  или . Вы просто щелкните на рисунке линзы в воздушном пространстве, чтобы вставить зеркало свертки в этой точке или щелкните на зеркале свертки, для удаления (второй кнопкой). Вы можете также щелкнуть существующим зеркалом свертки кнопкой вокруг (для изменения знака угла наклона).



Эти действия могут также быть сделаны в режиме команды. Получите оригинал предыдущей свернутой системы, и ведите следующее,

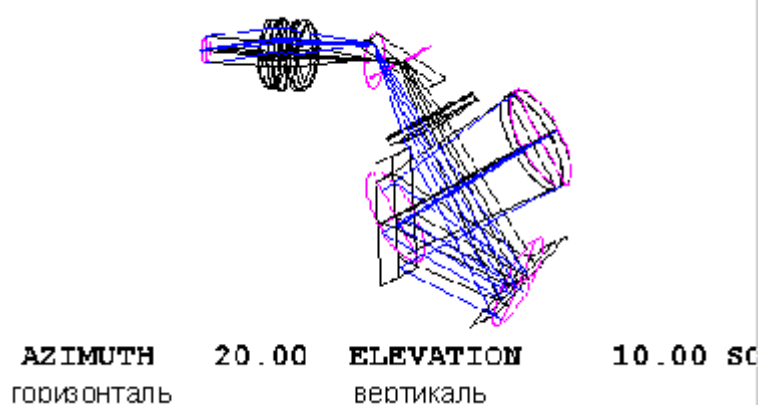
UNFOLD 9 РАЗВЕРНУТЬ 9

И затем получите новый PER рисунок



Поверхность 9 больше не зеркало, и знаки всех показателей преломления, и толщин реверсированы (обращены). Теперь сверните эту систему под другим углом к поверхности 9:

FOLD 9 120 ЗАКРОЙТЕСЬ 9 120



Поверхность 9 снова зеркало, и ось свёртки теперь повёрнута на 120 градусов, что больше, чем прежде (90). Команда FOLD (СВЕРТКИ) работает только там, где имеются две совпадающих фиктивных поверхности, типа 9 и 10 в развернутой оптической системе. UNFOLD (РАЗВОРАЧИВАЮЩАЯ) команда работает только там, где эти две поверхности имеют равные относительные наклоны, как имеет место в оригинале свернутой системы, и первая из них отражатель. (Кнопка Блокнота, упомянутая выше, *автоматически* вставляет две фиктивных поверхности, и затем выполняет команду FOLD.)

В случае если вы не знаете, какая команда *действует* в этом пункте, команда **FOLD** (СВЕРТКИ) или **UNFOLD** (РАЗВОРАЧИВАЮЩАЯ), то и не знаете что напечатать в Окне команды. В этом случае Вы должны только щелкнуть в показе PAD, чтобы увидеть результат.

Теперь система повернута на 120 градусов, исследуем ход лучей. Если Вы напечатаете команду **RAY**, как делали в Главе 1, то увидите ход луча в относительной системе координат для каждой поверхности. Так как это осевой луч, все высоты у него будут нулевые, что для нас не очень интересно. Имеется другая форма хода лучей, которая показывает ход в глобальных координатах.

GRAY 1 0 SURF ГРЕЙ 1 0 ПОВЕРХНОСТИ

<i>General format, global raytrace:</i>
<i>Общий формат, глобальный ход лучей:</i>

GRAY ICOL HBAR XEN YEN {SURF / 0 } GBAR JCOORD

В этом случае результаты находятся в системе координат поверхности 1. Чтобы получить подобное введение в список в координатах поверхности 10, Вы должны ввести

**GRAY 2 1 0 0 SURF ГРЕЙ 2 1 0 0 ПОВЕРХНОСТИ
0 10. 0 10.**

В дополнение к показу отрезков, отсекаемых на координатной оси лучом в глобальных координатах, эти списки дают также угловые тангенсы ZZ и HH, которые определяют направление хода луча.

Помимо **RAY** и **GRAY** команд, SYNOPSYS имеет ещё две команды расчёта хода отдельных лучей: **TRAY**, которая задаёт "мишень" для обнаружения луча, проходящего данную поверхность в данном месте, и **PRAY**, которая показывает ход поляризованного луча. Все они могут быть найдены в **MRR** диалоге. Другая программа, полезная для введения свернутых систем - команда **AIM**, которая

определяет глобальные углы наклона каждого из зеркал, направляющих выбранный луч через систему.

Эта глава заканчивает описание возможностей пользователя. К настоящему времени Вы ознакомились с вводом довольно сложных систем, управлением оптимизацией и программами анализа изображения. Следующая глава имеет дело с влиянием параметров и назначением допусков.

Глава 8

Последние штрихи

Предыдущие главы этого Справочника Обучающей программы объяснили, как вводить, анализировать, и оптимизировать разнообразные типы оптических систем, используя многие работы SYNOPSIS. Эта глава имеет дело, прежде всего, с влиянием параметров и назначением допусков вашей оптической системе, но сначала позвольте мне упомянуть некоторые другие темы, которые не рассмотрены ранее, но с которыми Вы должны быть ознакомлены.

Асферические поверхности

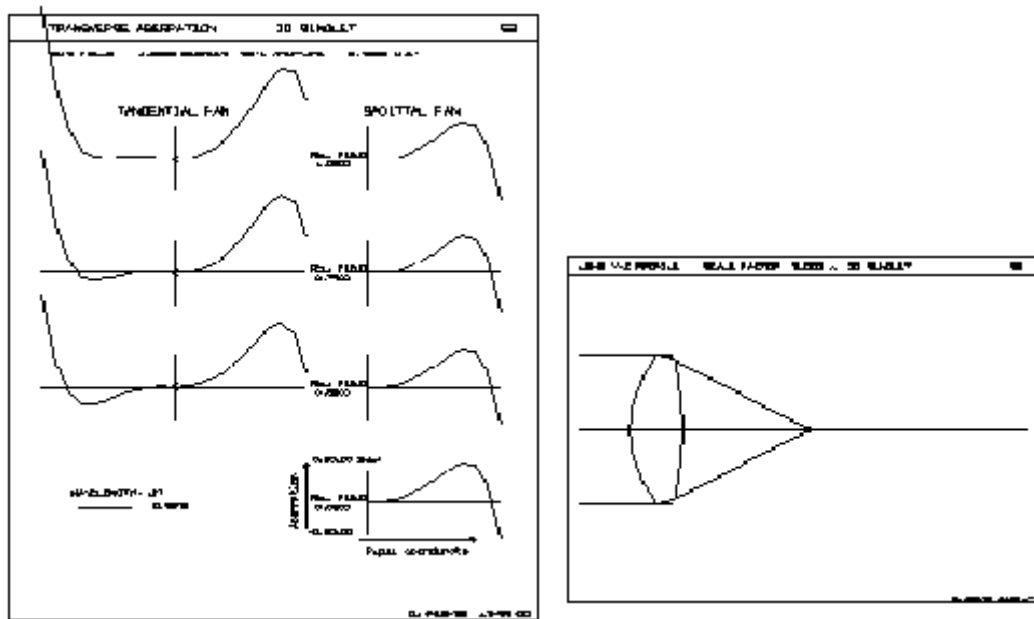
Программа SYNOPSIS имеет более 17 видов форм поверхностей, которые Вы можете задавать, а пока мы пользовались только одной сферой. Иногда Вы будете использовать сферические поверхности, поэтому рассмотрим пример. Это синглет (одионочная линза) с относительным отверстием F/1 и малым полем зрения. Напечатайте следующее стартовое задание, и ведите функцию в MACro редактор, а затем управляйте ей. Расчёт покажет, какое качество изображения Вы можете получить, если обе поверхности конической формы.

```
RLE
ID SINGLET
OBB 0 1 .5
1 RD 1 TH .35 GTB S
BK7
2 RD 50 YMT 0
3
END
PANT
VLIST ASPH 1 2
END
AANT
M 1 5 A FNUM
M 0 1 A 2 YA 0 0.6
M 0 1 A 2 YA 0 0.8
M 0 1 A 2 YA 0 0.9
M 0 1 A 2 YA 0 0 1.
```

END

SYNO 20
RPT .001 10 2

Рассчитанная оптическая система показана ниже и Вы видите, что она не плохо исправлена для оптической системы с F/1, выполненной из стекла марки BK7. Но если Вы вызовете графики aberrаций OPD, то обнаружите, что линза имеет aberrации приблизительно в 3 длины волны. Возможно, асферизация дала бы лучший результат. Перед этой попыткой, посмотрим на внесенные в список ASY асферики, которые мы можем назначать.



SPECIAL SURFACE DATA

SURFACE NO. 1 -- CONIC SURFACE
CONIC CONSTANT (CC) -0.849847
SEMI-MAJOR AXIS (b) 4.504190
SEMI-MINOR AXIS (a) 1.745358

SURFACE NO. 2 -- CONIC SURFACE
CONIC CONSTANT (CC) -14.622907
SEMI-MAJOR AXIS (b) 0.132479
SEMI-MINOR AXIS (a) -0.488971

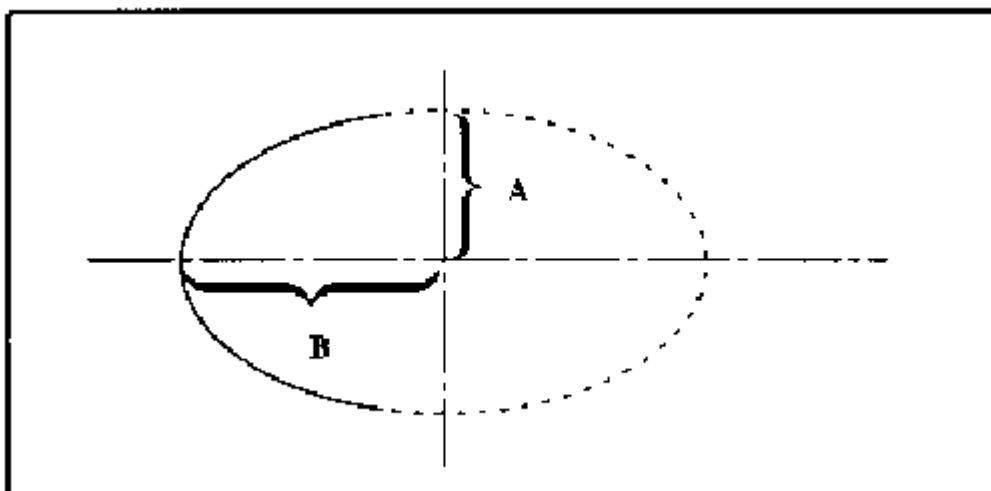
СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПОВЕРХНОСТНЫЕ ДАННЫЕ

ПОВЕРХНОСТНЫЙ Номер 1 - КОНИЧЕСКАЯ ПОВЕРХНОСТЬ
КОНСТАНТА КОНИЧЕСКОГО СЕЧЕНИЯ (CC) -0.849847
БОЛЬШАЯ ПОЛУОСЬ (b) 4.504190
МАЛАЯ ПОЛУОСЬ (a) 1.745358

ПОВЕРХНОСТНЫЙ Номер 2 - КОНИЧЕСКАЯ ПОВЕРХНОСТЬ
КОНСТАНТА КОНИЧЕСКОГО СЕЧЕНИЯ (CC) -14.622907

БОЛЬШАЯ ПОЛУОСЬ (b)	0.132479
МАЛОЙ ПОЛУОСИ (a)	-0.488971

Этот рисунок определяет сферические поверхности, выделяя три константы для каждой: константа конического сечения CC и полуоси большую - b и малую - a.



Приложение "С" в Справочнике Пользователя, объясняет формулировку конических сечений. Вообще они могут быть введены или радиусом и конической константой, или осями b (B) и a (A). Константа CC для сферы имеет значение нуля, в то время как для параболоида это -1. Для эллипсоидальной поверхности ось положительна, и значение CC лежит в интервале между 0 и -1. Гиперболоид имеет мнимую ось (надо ввести отрицательное число в SYNOPSIS), и CC - меньше чем -1, и так далее.

Когда Вы изменяете ASPH поверхности, программа создает две переменные, радиус и коническую константу. Линза может быть скорректирована лучше, если конические сечения заменить общей асферизацией. Поэкспериментируем: изменим форму асферизации первой поверхности на 6-й, и 10-й порядки, и сохраним вторую поверхность сферической. Это даст лучший результат, чем прежде, с двумя коническими сечениями? Новый PANT, файл теперь читается так

```
PANT
VY 1 ASPH
VY 2 RAD
VY 1 G 6
VY 1 G 10
END
```

Где переменные включают теперь два из так называемых G-коэффициентов, идентифицированных (определённых) в уравнении

$$Z = G_1U + G_2Y + G_3U^2 + G_4UY + G_5Y^2 + G_6U^3 + G_7U^2Y + G_8UY^2 + G_9Y^3 + G_{10}U^4 + G_{11}X + G_{12}UX + G_{13}U^2X + G_{14}X^3 + G_{15}XY + G_{16}U^5 + G_0$$

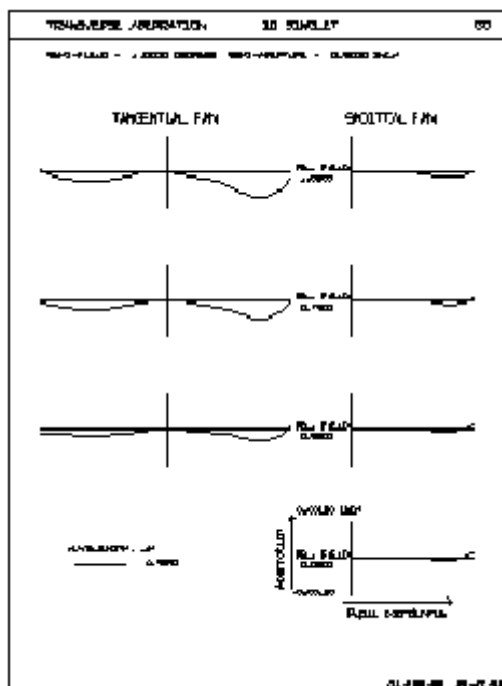
where $U = X^2 + Y^2$.

Этот полином с 17-ю членами хорош не только для осесимметричных поверхностей, но также и для асферик более высокого порядка, позволяет Вам задавать, наряду с другими поверхностями, форму "чипа картофеля" и параболоидальных цилиндров. При большом количестве переменных, возможно так - же, исправить кому на краю поля зрения. Добавим к AANT, следующие команды

M. 0 1 2 YC 1 0 1

M. 0 1 2 YA 1 0 -1.

Управляя оптимизацией при этом наборе переменных, Вы получите улучшенное качество изображения, показанное ниже.



Чтобы увидеть, как ввести многочлен высшего порядка этого типа, Вы можете посмотреть возможности команды **LEO**. Эта команда форматирует оптическую систему как RLE файл, и включает все параметры, обычно не требуемые при расчёте. Когда Вы сделаете **SAVE** (СОХРАНЕНИЕ) оптической системы, программа фактически сохранит копию заданной команды LEO. Вы увидите параметры асферики для поверхности 1, которые задаются как аргументы в мнемоническом обозначении "DC1", означая коэффициент деформации 1.

Общий формат ввода деформации:

DC1 G1 G3 G6 G10 G16 DC2 G2 G4 G5 G7 G8 G9 DC3 G11 G12 G13 G14 G15 G0

Наиболее часто используемые степени это 6, 10, и 16. Начиная с возведения в степень 10 апертуры можно создавать или очень большими, или очень маленькими числами, в зависимости от единиц измерения оптической системы, однако, такие числа плохо управляют цифровыми алгоритмами. В SYNOPSIS имеется необязательный выключатель режима, который рекомендуется при применении G-коэффициентов.

Если выключатель 7 направлен на ON (ВКЛЮЧЁН), программа будет приспособлять производные приращения, чтобы получить лучшую числовую точность. Если выключатель 68 ON (ВКЛЮЧЕН), то возможности LEO будут форматироваться по-другому, вводя четыре линии ввода и получая большую точность вычислений, что показано ниже.

<i>Power-series terms, ATn format:</i>
--

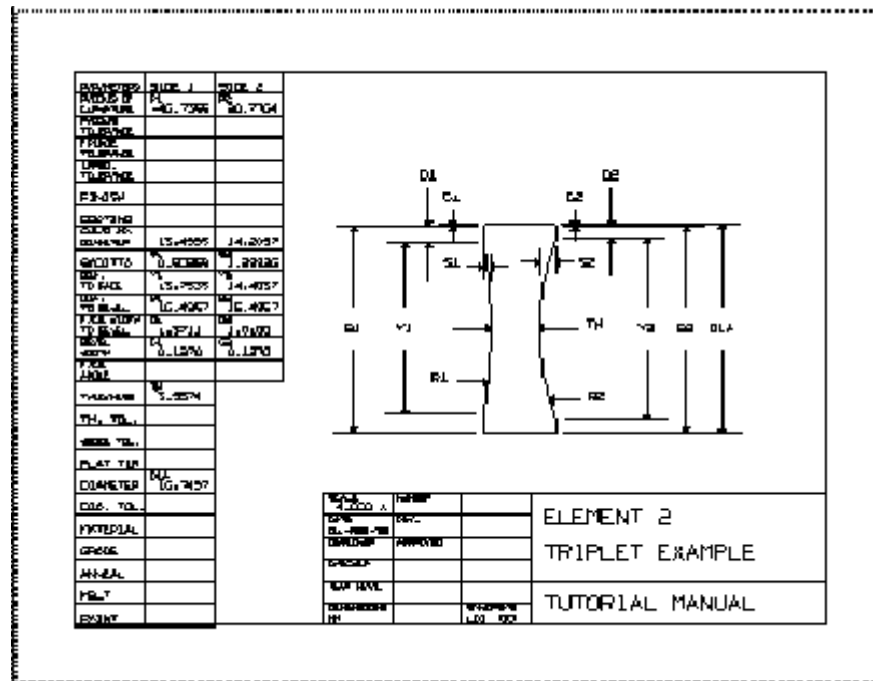
<i>Коэффициенты деформации, ATn формат:</i>

AT1 G1 G2 G3 G4 AT2 G5 G6 G7 G8 AT3 G9 G10 G11 G12 AT4 G13 G14 G15 G16

Чертеж линзы

Прежде чем обсуждать программу допусков, обсудит сначала программу рисунка отдельной линзы. Эти рисунки содержат пустые таблицы для допусков, которые Вы скоро рассчитаете. Воспользуемся результатами первого примера оптимизации триплета. Напечатайте следующие команды:

ELD 3	ELD 3
ID ELEMENT 2	ID ЭЛЕМЕНТ 2
ID TRIPLET EXAMPLE	ID ПРИМЕР ТРИПЛЕТА
ID TUTORIAL MANUAL	ID СПРАВОЧНИК ОБУЧАЮЩЕЙ
ПРОГРАММЫ	
PLOT	ГРАФИК



Команда **ELD** имеет многочисленные необязательные аргументы, которые позволяют Вам регулировать апертуры, сокращать, делать линейные измерения, и т.д., о которых Вы можете прочитать в Справочнике Пользователя. Простой ввод, используемый здесь, берет САО элемента линзы и прибавляет 0.050 дюйма, чтобы получить первый радиус, затем прибавляет 0.005 дюйма к САО, чтобы определить стрелки прогиба вогнутых поверхностей. Первый график готов для выполнения твердой копии графопостроителем, и направляется в Ваш архив оптики для назначения допусков.

Если линза имеет асферические поверхности, ELD будет печатать на странице также коническую константу и асферические коэффициенты, но это не рекомендуется для осесимметричных элементов типа цилиндров или торов. Программа **PER** может давать набор рисунков таких элементов для различных вариантов.

Влияние параметров и расчёт допусков в SYNOPSYS

Задача вычисления производственных допусков важна, но ею часто пренебрегают. В SYNOPSYS имеется для этой цели четыре программы и для большинства оптических систем эта работа фактически более простая, чем проектирование оптики. Имеется две допусковых программы: **TOL** (влияние) - таблица влияний параметров (инверсии, перераспределения точностей) и **BTOL**, вычисляющая распределение допусков для целой системы, основанная на статистическом ожидании ухудшения качества изображения, выбранного из нескольких вариантов определённым способом.

В дополнение к этим возможностям, программа оптимизации печатает таблицу производных, где пользователь выбирает переменные и aberrации таким образом, что бы показать эффект влияния параметра на функцию. Наконец, методом Монте-Карло (МС), проверяется статистическое математическое ожидание, полученное из VTOL. Наиболее мощные из этих работ это VTOL и МС, которые я здесь объясню; объяснение других можно найти в Справочнике Пользователя.

VTOL - программа распределения допусков

В процессе изготовления деталей и сборочных единиц оптической системы, каждый измеренный параметр может иметь ошибку. Задача VTOL (и проектировщика оптики), распределить допуски таким образом, что, если каждый параметр изготовлен в пределах своего допуска, то соответственно и вся система соберётся. Прежде, чем мы зададим VTOL для оптимизированного триплета, позвольте мне объяснить некоторые исходные положения.

Один из запутывающих допусковых аспектов это факт, что многие действия могут создавать одну и ту же aberrацию в оптической системе, и распределение части допуска по aberrациям должно быть разумным. Например, неправильное расположение элемента создаёт клин между двумя поверхностями, и даже точно изготовленный элемент будет децентрирован в своём положении, что порождает эффект клина. Назначение только "допуска клиновидности" не достаточно, потому что исправить ошибку должны две производственные (технологические) операции.

Работа VTOL автоматически "разбивает" линзу и рассматривает разнообразные параметры, которые выбираются независимо от aberrаций (если удельные корреляции не введены), а затем распределяет устранение aberrаций по различным производственным операциям. VTOL рассчитывает допуски для следующих параметров:

Радиус кривизны

Толщина

Показатель преломления материала

Дисперсия показателя преломления

Клиновидность

Отклонение от формы поверхности

Расчётный (более приличный) элемент линзы

Наклон элемента линзы

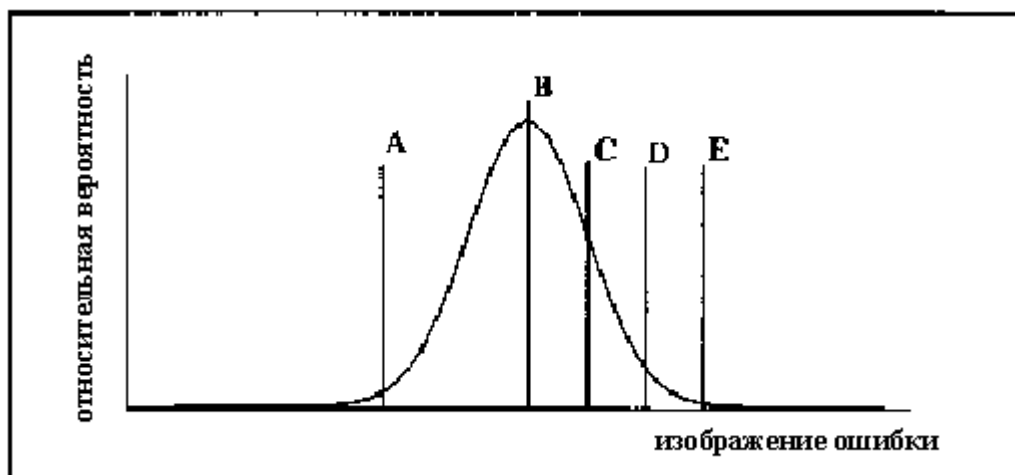
Пользователь имеет возможность контроля над выбором допусков и программ, например, нет нужды вычислять допуски дисперсии монохроматической системы. Пользователь имеет выбор разнообразных вводов.

Команда VTOL выбирает первую поверхность каждой линзы и рассчитывает допуск на клиновидность для этой поверхности, рассчитывает наклоны (по

направлению) в алфавитном порядке, если данная поверхность не имеет уже наклона в другом направлении (глобальные и локальные координаты не допустимы). Наклон элемента линзы и рассчитанные допуски относятся ко всей линзе в алфавитном порядке по X направлению для наклонов и по Y направлению для децентрировок. Статистические эффекты игнорирования ошибок, определяемых в меридиональной плоскости, обычно незначительны и могут быть проверены, управляющей программой Монте-Карло (MC) после расчетов по VTOL. (MC применяется для ошибок на случайных ориентациях.)

Когда линза вызывается из архива с точными допусками, то возникает другой вопрос. Будет ли она работать, если ввести измеренные данные в SYNOPSIS и как оценить качество изображения? Обычно оказывается, что линза работает весьма хорошо. Вопрос, почему допуски были заданы более точными? Ответ - потому, что нельзя сравнивать одиночную ошибку со статистическими значениями допусков при полном распределении допусков.

Распределение допусков, проведенное VTOL, рассчитано так, чтобы система была **обычно** технически выполнима. Позвольте мне дать более точное определение этой концепции. Сначала мы должны сделать некоторые предположения: должны задать достаточное число переменных, чтобы законы статистики выполнялись (шесть или более обычно достаточно), и величины допусков на отдельные aberrации должны быть произвольно распределены в пределах величины всего допуска. Теория VTOL объясняется более подробно в Справочнике Пользователя. Результат это некоторая аппроксимация вредных воздействий (суммарных ошибок) может быть представлена так называемым гауссианом, показанным ниже.



Ошибка изображения, представленная здесь могла бы быть дисперсией фронта импульса или размера aberrационного пятна. Если Вы готовите график работы как функцию выполнения этой работы, то Вы получите кривую более или менее подобную этой. Оптимальный вариант находится в точке А, который имеет лучшее качество, чем большинство изготовленных линз. Каждая точка в области А-В имеет собственную вероятностную кривую, но большинство линз

выполнено, как показано в точке В. Удобно выделить некоторые другие точки на вероятностной кривой.

При одном стандартном отклонении вариант находится в точке С и качество будет достигнуто или превышено всеми линзами, кроме приблизительно 15.9% от их общего числа. В точке D с величиной минус второго порядка это число только 2.3%, в то время как в точке E представляется вероятность с величиной минус третьего порядка 0.12%. Это идеализированная кривая, которая получена приблизительно для реальной системы из точно изготовленных линз. В этом случае, нельзя идти влево от точки распределения допуска, что следует из предположения о весьма хорошем распределении допусков для реальных линз при этом виде работ. Это подтверждается проверкой методом Монте-Карло, которым мы воспользуемся позднее в этой же главе.

Работа VTOL сначала создает таблицу инверсии чувствительности (влияния параметров) и затем распределяет ошибки изготовления так, чтобы каждый допуск остался настолько широким насколько возможно при обеспечении качества изображения. Термин "широкий насколько возможно" должен быть определен. После обработки нескольких вариантов VTOL назначает каждой переменной **диапазон значений**, которые являются максимально возможными допусками, что влечёт за собой экономические последствия. Вы можете вводить любую переменную или все диапазоны самостоятельно, и поскольку допуск становится меньше чем назначенный диапазон, то VTOL пробует сохранить его или передать ошибки другим переменным. Это означает перераспределение допусков для **самой низкой стоимости**.

Пользователю доступны разнообразные вводы других параметров. Вы можете определить, что радиусу, находящемуся в близи тестовой поверхности (например, поверхности изображения) должен быть назначен более точный допуск радиуса. Переменные могут быть включены или исключены из распределения допусков. Поверхности, которые уже сделаны и измерены, могут быть введены как точные величины, и установленный допуск может быть назначен на желаемые параметры, заставляя программу регулировать (приспосабливать) другие допуски так, чтобы полное распределение допусков было удовлетворительное. Также VTOL назначит до четырех регулируемых параметров, используемых для компенсации ошибок изготовления.

Зададим работу VTOL, используя результаты первой оптимизации, которая была сделана для триплета в Главе 6. Общий формат дан в Справочнике Пользователя, а здесь показан простой случай ввода.

SPEC	
CHG	
6 NCOP	
END	

BTOL 2	<-- 2 sigma confidence (допуск в минус второй степени)
MWT 1 .5 .5	<--weight on colors 2, 1, and 3 (веса цветов 2, 1 и 3)
DEGRADE SPOT .5	<--spot size variance can grow 50% (размер абберационного пятна можно увеличить до 50%)
ADJ 7 TILT 100 10	<--example adjustment (пример регулирования)
FOCUS REAL 1	<--to focus at full field (фокусное расстояние для края поля)
TPR 3 5	<--testplates on surfaces 3, 5 (пробные поверхности 3 и 5)
TO MAGN 100	
TOL DIS 100	
TOL BOR 100	
PREPARE MC	<--prepares Monte-Carlo verification MACro (готовит MACro для проверки методом Монте-Карло)
GO	

В отличие от программы оптимизации, где Вы определяете набор задач в AANT файле, для BTOL Вы выбираете из списка одну из следующих работ: дисперсия величины геометрического абберационного пятна, дисперсия фронта импульса, коэффициент Штреля или дифракционная МПФ. Вы можете также задавать желаемое максимальное изменение во входном люке, увеличении и дисторсии.

Первая линия BTOL вводит задание, допускающее ухудшение качества, которое мы определяем на уровне десять в минус второй степени (две сигмы). Если другое не указано, то BTOL оценит изображение для трех длин волн. Ввод **MWT** назначает веса для длин волн 2, 1 и 3 (4 и 5, если оптическая система имеет эти длины волн). Для монохроматических оптических систем, просто вводят вес ноль для неиспользуемых длин волн.

Команда **DEG SPOT .5**, определяет максимально допустимую величину абберационного пятна. Максимальное увеличение абберационного пятна на уровне минус второго порядка (в этом примере: -2) будет составлять 0.5 от номинального значения. Стандартное отклонение размера абберационного пятна, которое является квадратным корнем дисперсии, будет уменьшать корень в 1.5, или увеличивать приблизительно в 1.225 раза от его номинального значения. (Стандартное отклонение это то же самое, что и размер абберационного пятна RMS, если измеряется каждый луч от центра изображения, а не от главного луча.) Справедливым также будет ввод

TOL SPOT .002

Определяющее единое максимальное отклонение в 0.002 для любой требуемой полевой точки, или

TOL SPF .001 .002 .0015

ввод, который дает различные максимальные отклонения для каждой полевой точки, что увеличивает количество полевых точек предмета. Программа BTOL не разрешает определять поле вводом HBAR, как и большинство других вводов SYNOPSIS. Вместо этого Вы можете определить число точек (до пяти) из следующего списка.

FOV number	HBAR	GBAR
1	0	0
2	1	0
3	0,5	0
4	-1	0
5	0	1

Расчёт производится в трёх точках, соответствующих: точке на оси, на краю поля зрения и на половине угла поля зрения. Для этого примера мы проведём расчёт. Качество изображения может быть описано на основании дисперсии фронта импульса вместо дисперсии абберационного пятна; чтобы сделать так, мы должны иметь ввод **DEG WAVE .5**, **TOL WAVE ...**, или **TOL WAF...** вместо **DEG SPOT** . Чтобы управлять МПФ, используется последовательность подобная **TOL MTF ...** , **DEG MTF ...** или **TOL MFF**

Ввод **ADJ 7 TILT** (НАКЛОНА) определяет, что номер поверхности (плоскости изображения) должен быть задан как регулируемый. Вы можете определить до четырех регулировок, каждому из параметров: радиусу (RD), толщине (TH), наклону (**TILT**) или децентрировке (**DECENTER**) (последний параметр может иметь также три групповых размера). Чтобы регулировать (приспосабливать) осевое положение (позицию) линзы 2 (поверхности 3 и 4) надо ввести ADJ 3 TH 2, где две поверхности заданы как одна для фокусировки.

В этом случае мы позволим фокальной плоскости наклоняться, чтобы иметь компенсацию за наклон линзы и децентрировку для точек на краю поля зрения, и определим максимально разрешаемый наклон (допустимую переменную) в 10 градусов (максимум расчёта - один градус). Линза все еще имеет параксиальный фокус, находящийся на поверхности 6, так что регулировать перефокусировкой не нужно. Однако кривизна поверхности требует удаления фокальной плоскости с этой поверхности, чтобы величина радиуса лежала в допуске.

Цель регулирования определена вводом **FOCUS REAL 1**, который говорит, что распределение реальных лучей около центра зрачка для полного угла поля зрения должно сохраняться почти постоянным, насколько это возможно, при использовании параметров регулирования. Здесь Вы можете определить точный пункты (точки) HBAR и GBAR, которые будут перефокусированы, и которые не должны совпасть с точками, оцениваемые по качеству изображения.

Команда **FOCUS** может определить по параксиальному лучу (**FOCUS PARAXIAL**), или по реальному лучу (**FOCUS REAL ...**). Цель регулирования в том, что одни и те же полевые точки, используемые для оценки изображения, не должны рассчитываться одновременно (**FOCUS ALL**) и самостоятельно (**FOCUS EACH**). Разрешается только одна из команд фокуса.

Очевидно, что имеется очень много параксиальных комбинации возможных решений, параметров и целей регулирования. Отбор лучшей комбинации это искусство, как непосредственно и проектирование оптической системы. Этап регулирования кончится на более свободных допусках для одних поверхностей, в то время как другие могут быть избыточно жесткими. Вообще, задачи с реальным лучом обычно решаются лучше, чем задачи параксиальные, так как они разрешают небольшие перефокусировки, чтобы иметь компенсации за несимметричные aberrации от наклона линзы или ошибок формы поверхности (которые моделируются как слабая цилиндрическая деформация).

Для триплета мы выбираем сохранение YMT, решаем, что регулирование, прежде всего, должно управлять наклоном изображения, до тех пор, пока изображение от реальных лучей полного поля зрения не будет перефокусировано. Типичный случай применения регулирования это когда Вы знаете, что некоторые линзы уже изготовлены. Если этот параметр задан во VTOL как регулирующий, то ожидаемый эффект исправления будет и другие допуски будут более свободными. Обратите внимание, что любой параметр, заданный как регулирующий не будет появляться в распределении допусков, так как регулировать (юстировать) принято после сборки узла.

Ввод TPR определяет, что поверхности 3 и 5 имеют поверхности, уже согласованные по радиусу кривизны с пробными стёклами. Изготовление пробных стекол (линз точности) повышает трудоёмкость изготовления линз на порядок. Сначала идёт создание инструмента и поверхности пробного стекла как можно ближе к желаемому радиусу насколько возможно (или необходимо), и затем создание линзы как можно ближе к инструменту.

Намного легче делать только последний этап, чем первоначальный, давать оценку результата намного легче, если сделана пробная (тестовая) поверхность. По этой причине допустимо задавать на радиус намного более жесткий допуск, соответствующий инструменту, для которого точный радиус уже известен, чем на радиус нового инструмента, который ещё предстоит изготовить. Ввод TPR выполняет это. Плоские поверхности принято считать согласованными с инструментом и поэтому не должны учитываться.

Так как этот ввод достаточен для нашего триплета, то мы закончим ввод командой **GO**. Если Вы используете VTOL для новой оптической системы, то вместо GO правильное первой управляющей командой ввести **EVALUATE** (ОЦЕНИТЬ). Она будет суммировать всё, что VTOL рассчитает и сообщит Вам: текущее качество изображения и оценку допустимого предела. Программа

BTOL длинная, чтобы считать быстрее, надо сначала выявить ошибки в задании.

Имеется много дополнительных работ во BTOL, о которых Вы можете прочитать в Справочнике Пользователя. Но позвольте нам показать эту работу и прокомментировать некоторые результаты.

SPEC

ID TRIPLET F/28 60 02-FEB-98 14-33-03

LENS SPECIFICATIONS:

SYSTEM SPECIFICATIONS

OBJECT DISTANCE (TH0)	INFINITE	FOCAL LENGTH (FOCL)	49.9972
OBJECT HEIGHT (YPP0)	INFINITE	BACK FOCAL LENGTH	34.9042
MARG RAY HEIGHT (YMP1)	8.9280	IMAGE DISTANCE (BACK)	34.9042
MARG RAY ANGLE (UMP0)	0.0000	CELL LENGTH (TOTL)	26.3593
CHIEF RAY HEIGHT (YPP1)	-4.3631	F/NUMBER (FNUM)	2.8000
CHIEF RAY ANGLE (UPP0)	20.0000	GAUSSIAN IMAGE HT (GIHT)	18.1975
ENTR PUPIL SEMI- APERTU	8.9280	EXIT PUPIL SEMI- APERTURE	9.0403
ENTR PUPIL LOCATION	11.9875	EXIT PUPIL LOCATION	- 15.7219

WAVL (uM)	0.65627	0.58756	0.48613
UNITS	MM		
APERTURE STOP SURFACE (APS)	3		
SEMI-APERTURE	6.74973		
FOCAL MODE	ON		
MAGNIFICATION	-4.99972E-11		
VIGNETTING OPTION (VIG)	OFF		
POLARIZATION AND COATINGS ARE	IGNORED		

SURFACE DATA

SURF	RADIUS	THICKNESS	MEDIUM	INDEX	V-NUMBER
0	INFINITE	INFINITE	AIR		
1	24.12565	7.48759	GLM-NdVd	1.80000S	48.20
2	291.32702	4.47228	AIR		
APS	-46.73547	3.95742	GLM-NdVd	1.73487S	25.96
4	20.77639	6.18674	AIR		
5	61.64636	4.25531	PICKUP	1.80000P	48.20

6	-36.139	34.90418S	AIR		
IMG	INFINITE				

KEY TO SYMBOLS

A	SURFACE HAS TILTS AND DECENTERS	B	TAG ON SURFACE
G	SURFACE IS IN GLOBAL COORDINATE	L	SURFACE IS IN LOCAL COORDINATE
O	SPECIAL SURFACE TYPE	P	ITEM IS SUBJECT TO PICKUP
S	ITEM IS SUBJECT TO SOLVE		

ID ТРИПЛЕТ F/28 60 02-FEB-98 14-33-03 (ПЕРЕВОД)

СПЕЦИФИКАЦИИ ЛИНЗЫ:

СПЕЦИФИКАЦИИ СИСТЕМЫ

РАССТОЯНИЕ ДО ОБЪЕКТА (TH0)	БЕСКОНЕЧНОЕ	ФОКУСНОЕ РАССТОЯНИЕ (FOCL)	49.9972
ВЫСОТА ОБЪЕКТА (YPP0)	БЕСКОНЕЧНАЯ	ЗАДНЕЕ ФОКУСНОЕ РАССТОЯНИЕ	34.9042
АПЕРТУРНАЯ ВЫСОТА ЛУЧА (YMP1)	8.9280	ЗАДНИЙ ФОКАЛЬНЫЙ ОТРЕЗОК (BACK)	34.9042
АПЕРТУРНЫЙ УГОЛ (UMP0)	0.0000	ДЛИНЫ ЯЧЕЙКИ (TOTL)	26.3593
ВЫСОТА ГЛАВНОГО ЛУЧА (YPP1)	-4.3631	ФОКУСНОЕ ЧИСЛО (FNUM)	2.8000
УГОЛ ПОЛЯ ЗРЕНИЯ (UPP0)	20.0000	ПОЛОЖЕНИЕ ПЛОСКОСТИ ГАУССА NT (GINT)	18.1975
РАДИУС ВХОДНОГО ЗРАЧКА (ENTR)	8.9280	РАДИУС ВЫХОДНОГО ЗРАЧКА	9.0403
ПОЛОЖЕНИЕ ЗРАЧКА (ENTR)	11.9875	ПОЛОЖЕНИЕ ВЫХОДНОГО ЗРАЧКА	15.7219

ДЛИНЫ ВОЛН В (МКМ)	0.65627	0.58756	0.48613
ЕДИНИЦЫ (ИЗМЕРЕНИЯ) ММ			
ПОВЕРХНОСТЬ АПЕРТУРНОЙ ДИАФРАГМЫ (APS)	3	РАДИУС АПЕРТУРНОЙ ДИАФРАГМЫ	6.74973
РЕЖИМ ФОКУСИРОВКИ	ВКЛЮЧЁН		
УВЕЛИЧЕНИЕ	-4.99972E-11		
ВЫБОР ВИНЬЕТИРОВАНИЯ (VIG)	ОТКЛЮЧЕНО		

ПОЛЯРИЗАЦИЯ И
ПОКРЫТИЯ

ИГНОРИРУЮТСЯ

ПОВЕРХНОСТНЫЕ ДАННЫЕ

Номер поверхности	Радиус поверхности	Толщина	Среда	Показатель Преломления	Коэффициент дисперсии
0	0	0	ВОЗДУХ		
1	24.12565	7.48759	GLM-NdVd	1.80000S	48.20
2	291.32702	4.47228	ВОЗДУХ		
APS	-46.73547	3.95742	GLM-NdVd	1.73487S	25.96
4	20.77639	6.18674	ВОЗДУХ		
5	61.64636	4.25531	ЗАХВАТ	1.80000P	48.20
6	-36.13923S	34.90418S	ВОЗДУХ		
IMG	0				

КЛЮЧИ К СИМВОЛАМ

A	УКАЗЫВАЮТСЯ НАКЛОНЫ И ДЕЦЕНТРИРОВКИ	B	БИРКИ НА ПОВЕРХНОСТЯХ
G	ПОВЕРХНОСТЬ НАХОДИТСЯ В ГЛОБАЛЬНЫХ КООРДИНАТАХ	L	ПОВЕРХНОСТЬ НАХОДИТСЯ В ЛОКАЛЬНЫХ КООРДИНАТАХ
O	СПЕЦИАЛЬНЫЙ ТИП ПОВЕРХНОСТИ	P	ПАРАМЕТР ЗАВИСИМЫЙ (СВЯЗАННЫЙ)
S	ПАРАМЕТР НЕЗАВИСИМЫЙ (ВЕДУЩИЙ)		

A

CHG
6 NCOP
END

SOLVES ARE PRESENT IN THE LENS

GIHT	FOCL	FNUM	BACK	TOTL	DELFI
18.19749	49.99720	2.80002	34.90418	26.35935	-4.97384E-15

Delete lens no. 10 ID TRIPLET F/28 61
Store lens no. 10 ID TRIPLET F/28 61
BTOL 2
MWT 1 .5 .5
DEGRADE SPOT .5
ADJ 7 TILT 100 10
FOCUS REAL 1

TPR 3 5

TOL MAGN 100

TOL DIS 100

TOL BORE 100

GO

STATISTICAL TOLERANCE ANALYSIS.

Image quality is evaluated on a grid with 30 rows.

ID TRIPLET F/28 61

GENERAL SPECIFICATIONS

QUALITY DESCRIPTOR

Maximum fractional degradation in spot size variance

TOLERANCE LIMIT (NSIGMA) 2.0 standard deviations

WAVELENGTH SPECIFICATIONS

WAVELENGTH CHROM. (WAVL uM)	WEIGHT (MWT)	WAVELENGTH FOR FRINGE DEFINITION (FWAV uM)
0.65627	0.500	
0.58756	1.000	0.58760
0.48613	0.500	



CHG

6 NCOP

КОНЕЦ

РЕШЕНИЕ ПРЕДСТАВЛЕННОЙ ЛИНЗЫ

ПОЛОЖЕНИЕ ПЛОСКОСТИ ГАУССА (GIHT)	ФОКУСНОЕ РАССТОЯНИЕ	ДИАФРАГМЕННОЕ ЧИСЛО	ЗАДНИЙ ФОКАЛЬНЫЙ ОТРЕЗОК	ТОЛЩИНА ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ	ПАРАКСИАЛ НАЯ ДЕФОКУ СІРОВКА
18.19749	49.99720	2.80002	34.90418	26.35935	-4.97384E-15

Удалите линзу номер 10 ID TRIPLET F/28 61

Линза из архива номер 10 ID TRIPLET F/28 61

BTOL 2

MWT 1 .5 .5

УВЕЛИЧЬТЕ ПЯТНО (РАЗМЕР) 0.5

ADJ 7 НАКЛОНА 100 10

ФОКУС РЕАЛЬНЫЙ 1

TPR 3 5

TOL MAGN 100

TOL DIS 100

TOL ПЕРЕНОСИЛ 100

ИДТИ

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДОПУСКА

Качество изображения оценено на сетке с 30 рядами.

ID ТРИПЛЕТ F/28 61

ОБЩИЕ СПЕЦИФИКАЦИИ

ОПИСАНИЕ КАЧЕСТВА

Максимальная величина абберационного пятна задаёт дисперсию (дробную часть разбиения) по величине

ДОПУСТИМЫЙ ПРЕДЕЛ (NSIGMA) 2.0 стандартное отклонение

СПЕЦИФИКАЦИЯ ДЛИН ВОЛН

ДЛИНА ВОЛНЫ СПЕКТРА (WAVL мкм)	ВЕС (MWT)	ДЛИНА ВОЛНЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОЙ ПОЛОСЫ (FWAV мкм)
0.65627	0.500	
0.58756	1.000	0.58760
0.48613	0.500	

B

FIELD SPECIFICATIONS AND QUALITY DESCRIPTORS

REL. Y-HEIGHT (HBAR)	REL. X-HEIGHT (GBAR)	FIELD WEIGHT (FWT)	QUALITY DESCRIPTOR		ZOOM
			INITIAL	WORST ALLOWED	
0.000	0.000	1.000	1.45163E-04	2.17745E-04	1
1.000	0.000	1.000	7.48866E-04	0.00112	1
0.500	0.000	1.000	5.19881E-04	7.79822E-04	1

B

СПЕЦИФИКАЦИИ И ОПИСАНИЕ КАЧЕСТВА ПО ПОЛЮ ЗРЕНИЯ

РЕАЛ. Y-высота (HBAR)	РЕАЛ. X-высота (GBAR)	ПОЛЕВОЙ ВЕС (FWT)	ОПИСАНИЕ КАЧЕСТВА		ИЗМЕНЯЕТ МАСШТАБ
			ИСХОДНЫЙ РАСЧЁТ	НАИХУДШИЙ РАСЧЁТ	
0.000	0.000	1.000	1.45163E-04	2.17745E-04	1
1.000	0.000	1.000	7.48866E-04	0.00112	1
0.500	0.000	1.000	5.19881E-04	7.79822E-04	1



TOLERANCE ON BORESIGHT, DISTORTION, AND MAGNIFICATION ERRORS

Maximum permitted change in boresight	100.00000
Maximum permitted change in distortion	100.00000
Maximum permitted change in magnification	100.00000

PARAXIAL SOLVES AND PICKUPS

Thickness solve on surface no.	6
Index pickup on surface no.	5



ДОПУСК НА ВХОДНОЙ ЛЮК, ДИСТОРСИЮ, И УВЕЛИЧЕНИЕ

Максимально разрешенное изменение для входного люка	100.00000
Максимально разрешенное изменение для дисторсии	100.00000
Максимально разрешенное изменение для увеличения	100.00000

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАКСИАЛЬНЫХ И ЗАВИСИМЫХ ПАРАМЕТРОВ

Толщина - функция и определяется для поверхности с номером	6
Коэффициент показателя преломления среды - зависимый параметр для поверхности с номером	5



ACTIVE COMPENSATING PARAMETERS

SURF	PARAMETER TYPE	SURF RANGE (NSURF)	MAX ADJUSTMENT (AJMAX)	REMARK
7	TILT	100	10.00000	

ADJUSTMENT GOAL

maintain real-ray focus at field point (HBAR,GBAR) = (1.000, 0.000)



АКТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОМПЕНСАЦИИ

поверхность	тип параметра	поверхность (NSURF)	максимальное регулирование (AJMAX)	замечание
7	НАКЛОН	100	10.00000	

ЦЕЛЬ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Сохранить фокус реального луча для полевой точки (HBAR, GBAR) = (1.000, 0.000)

INVERSE SENSITIVITY ANALYSIS

Each variable is perturbed individually to produce the maximum allowed degradation in the quality descriptor at one field

ELE	SURF	RADIUS	RADIUS (RADIUS)	TOLERANCE (FRINGES)	THICKNESS	THICKNESS TOL
1	1	24.12565	0.07945	34.04381	7.48759	0.14963
1	2	291.32702	1.67106	3.41566	4.47228	0.06171
2	3	-46.73547	0.07873	2.79471	3.95742	0.07396
2	4	20.77639	0.01399	2.78470	6.18674	0.02166
3	5	61.64636	0.01354	0.86513	4.25531	0.02091
3	6	-36.13923	0.16784	32.46341	34.90418	0.00000
	7	INFINITE	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

ELE	SURF	GLASS NAME	BASE INDEX	INDEX TOL	V-NUMBER	V-NUMBER TOL
1	1	GLM-NdVd	1.80000d	0.00284	48.20001d	2.58366
1	2		1.00000F	0.00000		
2	3	GLM-NdVd	1.73487d	5.62488E-04	25.96033d	0.57431
2	4		1.00000F	0.00000		

3	5	PICKUP	1.80000d	0.00000	48.20001d	0.00000
3	6		1.00000F	0.00000		
	7		1.00000F	0.00000		

Note:

The symbol "d" indicates that the quantity is estimated at 0.58756 μm .

The symbol "F" indicates that the quantity is taken at wavelength 2.

ELE	SURF	WEDGE TOLERANCE		IRREG. TOL
		(ARC MIN)	(TIR)	(FRINGES)
1	1	19.67869	0.13861	1.96363
1	2	0.00000	0.00000	1.32557
2	3	6.49286	0.02550	0.79868
2	4	0.00000	0.00000	0.43514
3	5	21.40417	0.14874	4.21883
3	6	0.00000	0.00000	2.35535
	7	0.00000	0.00000	0.00000

ELE	SURF	ELEMENT TILT (ARC MIN)	TOLERANCE (TIR)	Y-DECENT TOL	X-DECENT TOL
1	1	10.60127	0.07467	0.15168	0.00000
1	2	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	3	6.80527	0.02673	0.06542	0.00000
2	4	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
3	5	14.54316	0.10106	0.09939	0.00000
3	6	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
	7	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Note:

Irreg. tol. is fringes of cylinder power across the full clear aperture.

For wedge and tilt tolerance, TIR is the angle tolerance in radians times the lens diameter.



АНАЛИЗ ОБРАТНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

Каждая переменная изменяется индивидуально, чтобы произвести максимально возможное ухудшение качества изображения в одной из областей поля зрения

N по порядку	Поверхность	Радиус	Допуск радиуса		Толщина	Допуск на толщину
			В мм	В интерференционных полосах		
1	1	24.12565	0.07945	34.04381	7.48759	0.14963
1	2	291.32702	1.67106	3.41566	4.47228	0.06171
2	3	-46.73547	0.07873	2.79471	3.95742	0.07396
2	4	20.77639	0.01399	2.78470	6.18674	0.02166
3	5	61.64636	0.01354	0.86513	4.25531	0.02091
3	6	-36.13923	0.16784	32.46341	34.90418	0.00000
	7	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

N по порядку	Поверхность	Код стекла	Показатель преломления стекла	Допуск на показатель преломления стекла	Коэффициент дисперсии	Допуск на коэффициент дисперсии
1	1	GLM-NdVd	1.80000d	0.00284	48.20001d	2.58366
1	2		1.00000F	0.00000		
2	3	GLM-NdVd	1.73487d	5.62488E-04	25.96033d	0.57431
2	4		1.00000F	0.00000		
3	5	ЗАВИСИМЫЙ ПАРАМЕТР	1.80000d	0.00000	48.20001d	0.00000
3	6		1.00000F	0.00000		
	7		1.00000F	0.00000		

ВНИМАНИЕ:

Символ "d" указывает, что величина определена для 0.58756 мкм.

Символ "F" указывает, что величина определена для длины волны 2.

номер	поверхность	допуск клиновидности (TIR)		допуск формы поверхности
		(в минутах)	(в радианах)	(в интерференционных полосах)
1	1	19.67869	0.13861	1.96363
1	2	0.00000	0.00000	1.32557
2	3	6.49286	0.02550	0.79868
2	4	0.00000	0.00000	0.43514
3	5	21.40417	0.14874	4.21883
3	6	0.00000	0.00000	2.35535

	7	0.00000	0.00000	0.00000
--	---	---------	---------	---------

номер	поверхность	наклон поверхности (в минутах)	допуск наклона (TIR)	допуск расчетный (ожидаемый)	
				по Y	по X
1	1	10.60127	0.07467	0.15168	0.00000
1	2	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	3	6.80527	0.02673	0.06542	0.00000
2	4	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
3	5	14.54316	0.10106	0.09939	0.00000
3	6	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
	7	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

ВНИМАНИЕ:

Допуск формы поверхности определён интерференционными полосами в плоскости перпендикулярной плоскости полной невиньетированной апертуры. Для клиновидности и допуска наклона, TIR - угловой допуск в радианах на диаметре линзы.



BUDGET TOLERANCE ANALYSIS

ELE	SURF	RADIUS	RADIUS (RADIUS)	TOLERANCE (FRINGES)	THICKNESS	THICKNESS TOL
1	1	24.12565	0.02287	9.79956	7.48759	0.04333
1	2	291.32702	0.55795	1.14045	4.47228	0.01828
2	3	-46.73547	0.02562	0.90947	3.95742	0.02385
2	4	20.77639	0.00873	1.73773	6.18674	0.01364
3	5	61.64636	0.00880	0.5624	4.25531	0.01305
3	6	-36.13923	0.04128	7.98366	34.90418	0.00000
	7	INFINITE	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

ELE	SURF	GLASS NAME	BASE INDEX	INDEX TOL	V- NUMBER	V-NUMBER TOL
1	1	GLM- NdVd	1.80000d	2.33877E- 04	48.20001d	0.29468
1	2		1.00000F	0.00000		
2	3	GLM- NdVd	1.73487d	1.06710E- 04	25.96033d	0.11289
2	4		1.00000F	0.00000		

3	5	PICKUP	1.80000d	0.00000	48.20001d	0.00000
3	6		1.00000F	0.00000		
	7		1.00000F	0.00000		

Note:

The symbol "d" indicates that the quantity is estimated at 0.58756 um.

The symbol "F" indicates that the quantity is taken at wavelength 2.



АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДОПУСКОВ

N по порядку	Поверхность	Радиус	Допуск радиуса		Толщина	Допуск на толщину
			В мм	В интерфе - ренционных полосах		
1	1	24.12565	0.02287	9.79956	7.48759	0.04333
1	2	291.32702	0.55795	1.14045	4.47228	0.01828
2	3	-46.73547	0.02562	0.90947	3.95742	0.02385
2	4	20.77639	0.00873	1.73773	6.18674	0.01364
3	5	61.64636	0.00880	0.5624	4.25531	0.01305
3	6	-36.13923	0.04128	7.98366	34.90418	0.00000
	7	INFINITE	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

N по порядку	Поверхность	Код стекла	Показатель преломления стекла	Допуск на показатель преломления стекла	Коэффициент дисперсии	Допуск на коэффициент дисперсии
1	1	GLM-NdVd	1.80000d	2.33877E-04	48.20001d	0.29468
1	2		1.00000F	0.00000		
2	3	GLM-NdVd	1.73487d	1.06710E-04	25.96033d	0.11289
2	4		1.00000F	0.00000		
3	5	ЗАВИСИМЫЙ ПАРАМЕТР	1.80000d	0.00000	48.20001d	0.00000
3	6		1.00000F	0.00000		
	7		1.00000F	0.00000		

ВНИМАНИЕ:

Символ "d" указывает, что величина определена для 0.58756 мкм.
Символ "F" указывает, что величина определена для длины волны 2.



ELE	SURF	WEDGE TOLERANCE		IRREG. TOL
		(ARC MIN)	(TIR)	(FRINGES)
1	1	3.61667	0.02547	0.50037
1	2	0.00000	0.00000	0.41001
2	3	2.18184	0.00857	0.40771
2	4	0.00000	0.00000	0.28438
3	5	4.21267	0.02927	0.81016
3	6	0.00000	0.00000	0.58767
	7	0.00000	0.00000	0.00000

ELE	SURF	ELEMENT TILT (ARC MIN)	TOLERANCE (TIR)	Y-DECENT TOL	X-DECENT TOL
1	1	2.04353	0.01439	0.02593	0.00000
1	2	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	3	2.13420	0.00838	0.01295	0.00000
2	4	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
3	5	2.38785	0.01659	0.01573	0.00000
3	6	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
	7	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Note:

Irreg. tol. is fringes of cylinder power across the full clear aperture.

For wedge and tilt tolerance, TIR is the angle tolerance in radians times the lens diameter.

BUDGET TOLERANCE SUMMARY

ELEMENT FABRICATION TOLERANCES

ELE	SURF	RADIUS	RADIUS TOL	IRREG TOL	TH.	TH. TOL	WEDGE TOL	GLASS	INDEX TOL	V- NO TOL
1	1	24.126	9.800	0.50	7.488	0.043	3.62	GLM- NdVd	0.00041	0.51

1	2	291.327	1.140	0.41						
2	3	-46.735	0.909	0.41	3.957	0.024	2.18	GLM-NdVd	0.00018	0.20
2	4	20.776	1.738	0.28						
3	5	61.646	0.562	0.81	4.255	0.013	4.21	PICKUP		
3	6	-36.139	7.984	0.59						
	7	INFINITE								

Note:

Irreg. tol. is fringes of cylinder power across the full clear aperture.

Radius tolerance is in fringes. Wedge tolerance is in arc minutes.

ELEMENT ASSEMBLY TOLERANCES

ELE	SURF	SPACING	SPACING TOL	Y-DECENT	Y-DECENT TOL	TILT	TILT TOL	NSURF
1	1				0.026		2.044	2
1	2	4.472	0.018					
2	3				0.013		2.134	2
2	4	6.187	0.014					
3	5				0.016		2.388	2
3	6	34.904						
	7	0.000			-0.250			

Note:

Tilts and decenters are in relative coordinates.

Tilt angle is in degrees. Tilt tolerance is in arc minutes.

The symbols "B" and "G" represent beta and gamma tilts.

G

номер	поверхность	допуск клиновидности (TIR)		допуск формы поверхности
		(в минутах)	(в радианах)	(в интерференционных полосах)
1	1	3.61667	0.02547	0.50037
1	2	0.00000	0.00000	0.41001
2	3	2.18184	0.00857	0.40771
2	4	0.00000	0.00000	0.28438
3	5	4.21267	0.02927	0.81016
3	6	0.00000	0.00000	0.58767
	7	0.00000	0.00000	0.00000

номер	поверхность	наклон поверхности (в минутах)	допуск наклона (TIR)	допуск расчетный (ожидаемый)	
				по Y	по X
1	1	2.04353	0.01439	0.02593	0.00000
1	2	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	3	2.13420	0.00838	0.01295	0.00000
2	4	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
3	5	2.38785	0.01659	0.01573	0.00000
3	6	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
	7	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

ВНИМАНИЕ:

Допуск формы поверхности определён интерференционными полосами в плоскости перпендикулярной плоскости полной невиньетированной апертуры. Для клиновидности и допуска наклона, TIR - угловой допуск в радианах на диаметре линзы.

РЕЗЮМЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДОПУСКОВ

ДОПУСКИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТА

№ по порядку	Поверхность	Радиус	Допуск радиуса	Допуск формы поверхности	Толщина	Допуск к толщине	Допуск к клина	Оптический материал (стекло)	Допуск показателя преломления	Допуск коэффициента дисперсии
1	1	24.1 26	9.800	0.50	7.488	0.043	3.62	GLM-NdVd	0.00041	0.51
1	2	291. 327	1.140	0.41						
2	3	- 46.7 35	0.909	0.41	3.957	0.024	2.18	GLM-NdVd	0.00018	0.20
2	4	20.7 76	1.738	0.28						
3	5	61.6 46	0.562	0.81	4.255	0.013	4.21	ЗАВИСИМЫЙ ПАРАМЕТР		
3	6	- 36.1 39	7.984	0.59						

	7	0								
--	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--

ВНИМАНИЕ:

Допуск формы поверхности определён интерференционными полосами в плоскости перпендикулярной плоскости полной невиньетированной апертуры. Допуск Радиуса определён в интерференционных полосах. Допуск Клина определён в угловых минутах.

ДОПУСКИ ЭЛЕМЕНТОВ СБОРОЧНОЙ ЕДИНИЦЫ

№ по порядку	Поверхность	Воздушный промежуток	Допуск на воздушный промежуток	У - ожидаемая	Допуск на У - ожидаемую	Наклон	Допуск на наклон	№ поверхности
1	1				0.026		2.044	2
1	2	4.472	0.018					
2	3				0.013		2.134	2
2	4	6.187	0.014					
3	5				0.016		2.388	2
3	6	34.904						
	7	0.000			-0.250			

ВНИМАНИЕ:

Наклоны и децентрировки определены в относительных координатах. Угол наклона определён в градусах. Допуск наклона определён в угловых минутах.

Символы "B" и "G" определяют наклоны по углу гамма и углу бета.



SUMMARY OF OPTICAL PERFORMANCE

REL.Y-HEIGHT (HBAR)	REL.X-HEIGHT (GBAR)	MEAN VALUE	ANTICIPATED STATISTICS OF QUALITY DESCRIPTOR DEV		ZOOM
			MULTIPLE	EXPECTED	
0.000	0.000	1.52514E-04	4.01562E-05	1.92670E-04	1
1.000	0.000	0.00104	5.81245E-05	0.00110	1
0.500	0.000	6.24597E-04	1.57204E-04	7.81801E-04	1

Note:

At the tolerance limit of 2.0 standard deviations, 95.4% of a large number of manufactured lens would be expected to meet the quality criterion. Equivalently, a single manufactured lens would be expected to have a 95.4% probability of meeting

the quality criterion. Expected performance is the anticipated performance at the stated confidence.



РЕЗЮМЕ ОПТИЧЕСКОГО ВЫПОЛНЕНИЯ (РАБОТЫ)

Реал.высота по Y	Реал.высота по X	Средняя оценка	Ожидаемая статистика		Масштаб изображения
			Описание качества		
			многократное число DEV	ожидаемое число DEV	
(HBAR)	(GBAR)				
0.000	0.000	1.52514E-04	4.01562E-05	1.92670E-04	1
1.000	0.000	0.00104	5.81245E-05	0.00110	1
0.500	0.000	6.24597E-04	1.57204E-04	7.81801E-04	1

Внимание:

В допустимом интервале 2.0 стандартного отклонения, основная масса изготавливаемых линз выполняется с ожидаемым критерием качества 95.4%. Отдельные подобные линзы (с одним номером) с ожидаемым критерием качества изготавливались бы с вероятностью 95.4%. Ожидаемый процент выполнения - ожидаемое выполнение установленное с доверительной точностью.

ОЖИДАЕМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ДЛЯ ВХОДНОГО ЛЮКА, ДИСТОРСИИ, И УВЕЛИЧЕНИЯ

Ожидаемое изменение для входного люка	0.09840
Ожидаемое изменение для дисторсии	0.02329
Ожидаемое изменение для увеличения	0.10898



ANTICIPATED CHANGE IN BORESIGHT, DISTORTION, AND MAGNIFICATION ERROR

Anticipated change in boresight	0.09840
Anticipated change in distortion	0.02329
Anticipated change in magnification	0.10898



ОЖИДАЕМОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ДЛЯ ВХОДНОГО ЛЮКА, ДИСТОРСИИ, И УВЕЛИЧЕНИЯ

Ожидаемое изменение для входного люка	0.09840
Ожидаемое изменение для дисторсии	0.02329
Ожидаемое изменение для увеличения	0.10898



RSS EXPECTED PARAXIAL FOCUS SOLVE ADJUSTMENT	0.768241E- 01
---	------------------



RSS ОЖИДАЕМЫЙ ПАРАКСИАЛЬНЫЙ ФОКУС ОБЕСПЕЧИВАЕМЫЙ РЕГУЛИРОВАНИЕМ (ЮСТИРОВКОЙ)	0.768241E- 01
--	------------------



RSS EXPECTED ADJUSTMENT OF COMPENSATING PARAMETERS

SURF	PARAMETER TYPE	SURF RANGE (NSURF)	MAX ADJUSTMENT (AJMAX)	REMARK
7	TILT	100	0.16337	



RSS ОЖИДАЕМОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ПАРАМЕТРОВ

поверхность	тип параметра	поверхность (NSURF)	максимальное регулирование (AJMAX)	замечание
-------------	------------------	------------------------	--	-----------

7	наклон	100	0.16337	
---	--------	-----	---------	--

Пункт **A**, после внесения в список SPEC, является CHG файлом, который удаляет UMC, и проводит расчёт от поверхности 6. Во VTOL это сопровождается резюме условий (состояний). Пункт **B** показывает начальные значения дисперсии абберрационного пятна, взвешенные для трёх требуемых длин волн. Это приблизительно 0.000145 для изображения на оси и максимальное значение, разрешённое распределением допусков 0.000218. Две другие полевые точки в итоге получены подобными.

Пункт **C** даёт допуски для входного люка, увеличения, и дисторсии. Расчёт для этих величин - 5% GIHT, которые в некоторых случаях являются слишком жесткими (при задании полного распределения допусков). Таким образом, мы назначили большой допуск, заставляя программу игнорировать его.

D суммирует параметры регулирования (юстировки), только для данного случая. **E** таблица даёт влияние (инверсию чувствительности) каждой переменной. Это означало бы, например, что, все другие переменные были бы точными, первый радиус мог бы иметь ошибку 0.079 прежде, чем одна из функций качества достигает своего предела (после регулирования). Эти величины полезны, потому что в некоторых случаях допуск очень неточен. Если толщина станет, скажем, менее 2 мм раньше, чем произойдёт ухудшение качества изображения, Вы, вероятно, оставите элемент, даже если величина допуска его толщины превышена при изготовлении.

Работа VTOL не будет назначать допуск более свободным, чем действительный ДИАПАЗОН параметра. Начиная с определённого ужесточения допусков, это привело бы к увеличению себестоимости, и поэтому диапазон расчёта для толщины - 0.005 дюймов, что объяснено в Справочнике Пользователя. Число, напечатанное под "ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫМИ ПОЛОСАМИ" - число колец Ньютона, если бы эта поверхность была проверена пробным стеклом (с указанной точностью). Это рассчитано для апертуры, заданной при внесении в список CAP, на длине волны, введенной FWAV вводом (чтобы не выполнять обязательно для 0.5876 мкм).

После таблицы влияния параметров (инверсии чувствительности) VTOL печатает вторую таблицу. Пункт **F** в вышеупомянутой таблице это список, указывающий фактические допуски всех внесенных в список расчётных величин так, чтобы ошибка второго порядка (в этом случае 0.01) в каждой полевой точке не превышала бы желаемый максимум. Для первого радиуса разрешённая ошибка - 0.023 мм, или приблизительно 9.8 интерференционной полосы от точного пробного стекла (testplate).

Так как эта поверхность, допустим, еще не имеет пробного стекла, то полная ошибка радиуса должна быть разделена между допуском на инструмент и соответствующим допуском линзы в интерференционных полосах. Мы могли бы сказать, например, если допуск радиуса должен быть 0.0184 мм, то допуск на изготовление поверхности 2 составляет 80% и допуск на инструмент 20% соответственно. Для поверхности 3, которая имеет пробное стекло, можно задать полный допуск радиуса 1.14 интерференционной полосы.

Отдельный раздел, **G**, суммирует клиновидность, наклон, рассчитанный допуск, и допуски формы поверхности. Здесь мы видим, что первый элемент может иметь клиновидность приблизительно 3.62 угловой минуты или общий допуск определяется выводом (TIR) - 0.0255 мм. (Это - только угловой допуск на диаметре линзы.) Допуск формы поверхности 0.5 интерференционной полосы. Наклон элемента и расчётный допуск относится к двум поверхностям линзы, перемещающимся как группа поверхностей (примите во внимание, что клиновидность относится только к одной (отдельной) поверхности).

Ожидаемое ухудшение изображения, вытекающее из такого распределения допусков, печатается затем, в пункте **H**. Для первой полевой точки, где номинальный вариант имел, дисперсию абберационного пятна 0.000145, среднее ожидаемое значение дисперсии абберационного пятна для большого набора линз, сделанных по распределению допусков приблизительно 0.000153. Это увеличение в "два стандартных отклонения" составляет приблизительно 0.00004, что делает общее количество ожидаемой дисперсии абберационного пятна для всех случаев (кроме 2.3%) равным или меньшим 0.0001927 и намного меньшим, чем допустимое значение для этой полевой точки. Ухудшение качества до 0.01 (минус второй порядок) для точки края поля зрения (второй пункт во VTOL) почти равно его допуску 0.00078, что, вероятно, означает, данная точка управляла допусками.

Ожидаемое изменение для входного люка, увеличения и дисторсии, показанное в пункте **I**, не равняется введённому пределу. Если бы некоторые из этих величин были на пределе их допуска, то это было бы отмечено, соответствующими ограничениями в распределении допусков на некоторые параметры быстрее, чем от качества изображения. В том случае Вы могли бы рассмотреть перераспределение VTOL на более свободные допуска и оценить себестоимость изготовления. Обратите внимание, что VTOL не может ужесточить допуски, если не задана команда NFOV, по крайней мере, двум и абберации увеличатся, в этом случае, для первых трех точек.

Требуемая в итоге регулировка (юстировка) дана в пунктах **J** и **K**. В этом случае параксиальный фокус определяется в пространстве изображений с ожидаемой величиной юстировочного расстояния между линзами, приблизительно, 0.077 мм (на уровне минус второго порядка). Ожидаемая величина наклона изображения равна 0.163 градуса.

Это распределение допусков, вероятно, адекватно изготовлению, и допуски могут быть взяты непосредственно с таблиц на ELD рисунках. Теперь мы проверим точность статистических предположений в MC.

Статистическая проверка допуска методом Монте-Карло (MC)

Анализ допусков работой VTOL, подготовленных в предыдущем примере, предназначен, чтобы статистически предсказать изготовление большинства линз. Это всегда дает удовлетворительные результаты. Команда VTOL делает некоторые предположения относительно характера (природы) статистических отношений между переменными и не учитывает влияние аберраций высших порядков. VTOL ограничивает возможности регулирования, так как они исключают повторную балансировку аберраций по результатам ошибок изготовления. Он просто применяет перефокусировки для указанных полевых точек. По этим исходным данным вторая программа делает модель управления производством, выполняя во VTOL распределение допусков, анализируя статистическое выполнение части работ. Эти результаты могут быть сопоставлены с предсказанием VTOL. Необходимые допуски или ввод VTOL, можно откорректировать.

Программа MC может работать только после VTOL, и это позволяет пользователю выполнять любой вид дополнительной оптимизации или регулирования, которые он пожелает. Программа моделирует распределение допусков, применяя метод случайных чисел для каждой переменной. Эти допуски равномерно распределены в пределах их интервалов допусков, но в отличие от VTOL анализа, не ограничиваются обращением к Y-Z плоскости. Клиновидность, цилиндричность и децентрировка это случайные величины, которые случайно ориентированы. Наклон элемента имеет случайную величину, назначенную наугад или по направлениям бета или альфа.

Управлять MC весьма просто: ранее во VTOL вводе Вы видели, что в инструкции есть команда **PREPARE MC**. Она сообщает VTOL о создании MACro редактора, который моделирует регулирование, необходимое в подготовке распределения допусков. После того, как управляемый VTOL закончен, Вы можете загрузить его в MACro редактор, если желаете увидеть, что он сделает. (Напечатайте **LM MCFILE**.) В этом случае, Вы увидите регулирование наклона поверхности 7 наряду с AANT файлом, который исправляет выбор лучей, планируя их к номинальным значениям, не стараясь обнулить.

Это урегулирование предназначено только для того, чтобы дублировать качество изображения номинальной линзы, не улучшая его, и если эти цели отличные от нуля будут достигнуты, то функция качества будет равна нулю. Чтобы управлять MC Вы должны поместить исходную оптическую систему в библиотеку, если это ещё не сделано, и затем использовать команду

[MC NSAMPLES LIBLOC [QUIET]]

Где NSAMPLES - число линз в производственной партии, статистика, которую Вы хотите знать, и LIBLOC - положение в библиотеке. Укажите, что ваша линза сохранена в положении 3. Тогда Вы можете начинать с команды подобной

MC 2 3

Сначала Вы попросите партию только в две линзы. Если партия большая, то MC может потребовать времени для работы. Но Вы сначала проверьте, чтобы регулирование работало. Редактор MACro изменит, допуски линзы на случайные величины в пределах BTOL распределения допусков и повторно оптимизирует. Полезно поместить SPEC или команду ASY внутри MACro. При этом Вы будете проверять, и управлять одним или двумя вариантами. (Убедитесь в сохранности MACro, если Вы изменили что-либо.) Вы можете затем исследовать результаты работы, которые расскажут Вам, что MC сделал - включая все деформации, которые MC использует, моделируя отклонение формы (с цилиндром) и клиновидность, а также наклоны и децентровки всех элементов.

Если Вам необходимо повторно управлять командой MC, то укажите - 100 линз. (Если Вы добавите это, то сначала удалите SPEC или другую команду.) Если Вы не хотите наблюдать, все 100 вариантов поверхности на экране (или желаете сэкономить время), прибавьте к команде MC необязательную команду QUIET. Когда работа закончится, Вы увидите резюме статистики, показанное ниже.

QUALITY STATISTICS FROM MONTE-CARLO SIMULATION

Total number of samples 100

Total number of parameters altered 30

FIELD NUMBER: 1 QUALITY RANGE 0.1201E-03 0.1852E-03

CELL SIZE 0.5919E-05

HISTOGRAM: 6 2 13 17 11 15 16 8 7 1 4

FIELD NUMBER: 2 QUALITY RANGE 0.6877E-03 0.9008E-03

CELL SIZE 0.1937E-04

HISTOGRAM: 7 10 15 21 12 6 10 6 5 6 2

FIELD NUMBER: 3 QUALITY RANGE 0.3280E-03 0.6832E-03

CELL SIZE 0.3230E-04

HISTOGRAM: 1 2 3 4 17 13 18 11 19 7 5

BORESIGHT: QUALITY RANGE-0.1033E+00 0.8469E-01

CELL SIZE 0.1709E-01

2 3 4 5 21 25 15 10 7 6 2

MAGNIFICATION: QUALITY RANGE-0.4582E-01 0.5173E-01

CELL SIZE 0.8869E-02

1 7 10 14 18 20 9 10 7 1 3

DISTORTION: QUALITY RANGE-0.1149E-01 0.1107E-01

CELL SIZE 0.2050E-02

4 4 5 10 15 15 18 15 7 6 1

7 AT 99 SURF ADJUST. RANGE-0.3704E+00 0.3580E+00
CELL SIZE 0.6623E-01
2 4 12 11 11 18 17 12 5 3 5
SYNOPSIS AI>

СТАТИСТИКА КАЧЕСТВА ОТ МОДЕЛИРОВАНИЯ МОНТЕ-КАРЛО

Общее количество выборок 100

Общее количество изменяемых параметров 30

ПОЛЕВОЙ НОМЕР: 1 ИНТЕРВАЛ ИЗМЕНЕНИЯ КАЧЕСТВА 0.1201E-03
0.1852E-03

РАЗМЕР ЯЧЕЙКИ 0.5919E-05

ГИСТОГРАММА: 6 2 13 17 11 15 16 8 7 1 4

ПОЛЕВОЙ НОМЕР: 2 ИНТЕРВАЛ ИЗМЕНЕНИЯ КАЧЕСТВА 0.6877E-03
0.9008E-03

РАЗМЕР ЯЧЕЙКИ 0.1937E-04

ГИСТОГРАММА: 7 10 15 21 12 6 10 6 5 6 2

ПОЛЕВОЙ НОМЕР: 3 ИНТЕРВАЛ ИЗМЕНЕНИЯ КАЧЕСТВА 0.3280E-03
0.6832E-03

РАЗМЕР ЯЧЕЙКИ 0.3230E-04

ГИСТОГРАММА: 1 2 3 4 17 13 18 11 19 7 5

ВХОДНОЙ ЛЮК: ИНТЕРВАЛ ИЗМЕНЕНИЯ КАЧЕСТВА -0.1033E+00
0.8469E-01

РАЗМЕР ЯЧЕЙКИ 0.1709E-01

2 3 4 5 21 25 15 10 7 6 2

УВЕЛИЧЕНИЕ: ИНТЕРВАЛ ИЗМЕНЕНИЯ КАЧЕСТВА -0.4582E-01 0.5173E-
01

РАЗМЕР ЯЧЕЙКИ 0.8869E-02

1 7 10 14 18 20 9 10 7 1 3

ДИСТОРСИЯ: ИНТЕРВАЛ ИЗМЕНЕНИЯ КАЧЕСТВА -0.1149E-01 0.1107E-01

РАЗМЕР ЯЧЕЙКИ 0.2050E-02

4 4 5 10 15 15 18 15 7 6 1

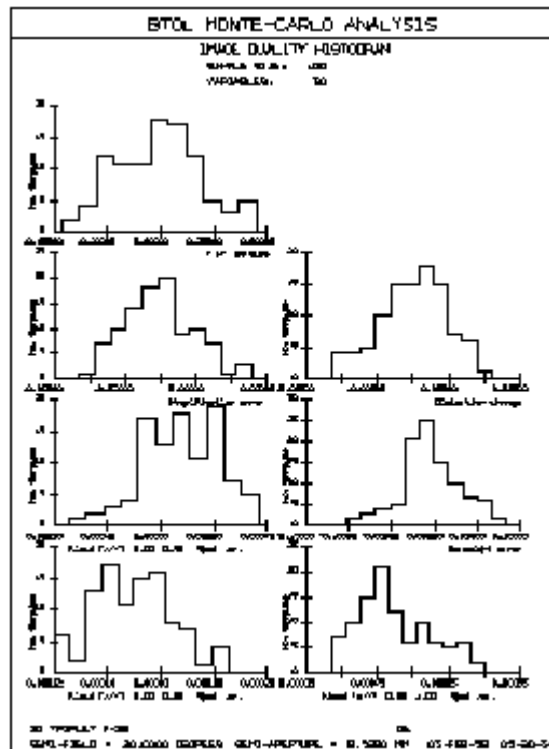
7 В 99 ПОВЕРХНОСТИ РЕГУЛИР.(ЮСТИРУЮТ). ДИАПАЗОНЕ- 0.3704E+00
0.3580E+00

РАЗМЕР ЯЧЕЙКИ 0.6623E-01

2 4 12 11 11 18 17 12 5 3 5

SYNOPSIS AI >

Вы можете повторить внесение в список только этой таблицы команды MC
STAT, и получить график, сравнивающий гистограмму статистики с MC PLOT.



Выполненная работа показана выше на графиках. Статистические данные для двух точек на оси и вне оси находятся на нижнем левом графике. Их можно сравнить с предсказанными данными в пункте Н, выполненном командой BTOL. BTOL предсказал среднее значение дисперсии абберационного пятна 0.000153, которое является серединой гистограммы для этого случая. Однако, ожидаемое качество изображения в точке (на уровне минус второго порядка) было 0.000193, которое влияет на распределении допусков более сильно, чем можно было ожидать, учитывая небольшое количество вариантов расстояний между линзами.

Точка на краю поля зрения имеет более низкий вес, здесь BTOL предсказал среднее значение дисперсии 0.00104 и качество (на уровне минус второго порядка) 0.00110. В этом случае качество изображения несколько лучше, чем предсказано так, как для третьей точки, в HBAR = 0.5, и объект расположен несколько выше первого случая. Увеличивающийся к верху, наклон плоскости изображения показывает, что сравнивать эту кривую в пункте К во BTOL, с внесённой Вами в список нецелесообразно, и потребует большей величины регулирования, чем ожидалось. Было бы интереснее управлять МС для большей величины партии или для нового набора "100", который мог бы дать различные гистограммы, так как 100 случаев - не очень большая выборка.

Опыт с BTOL и МС показал, что предсказание является достаточно точным, но правильнее пользоваться МС для проверки. Ни в коем случае не используйте переменные и цели для луча, которые BTOL выбрал. Он это сделал исключительно с целью подтверждения (проверки) статистических предсказаний. Однако Вы можете выполнять любой вид регулирования, которой пожелаете. Вы можете также вводить распределение допусков по

Вашему собственному желанию - FIX ... формат и использовать MC только для того, чтобы получить статистику этого распределения. Вы можете сделать несколько маленьких MC, управляя и контролируя, статистикой, изменяющейся от одной партии линз к другой, и так далее. После выполнения BTOL, Вы можете сохранить распределение для более позднего анализа MC командой **BTOL SAVE** и получить его позже по команде **BTOL FETCH**.

Теперь Вы знаете или, по крайней мере, ознакомлены, с большинством работ, используемых SYNOPSIS. Позвольте мне, заканчивая эту главу, напомнить еще о нескольких интересных вещах, которые Вы можете делать с AI программой. Только пользователи SYNOPSIS имеют нечто подобное этим возможностям. Многие из начинающих понятия не имеют о потенциале, который здесь предлагается.

Большое количество AI возможностей

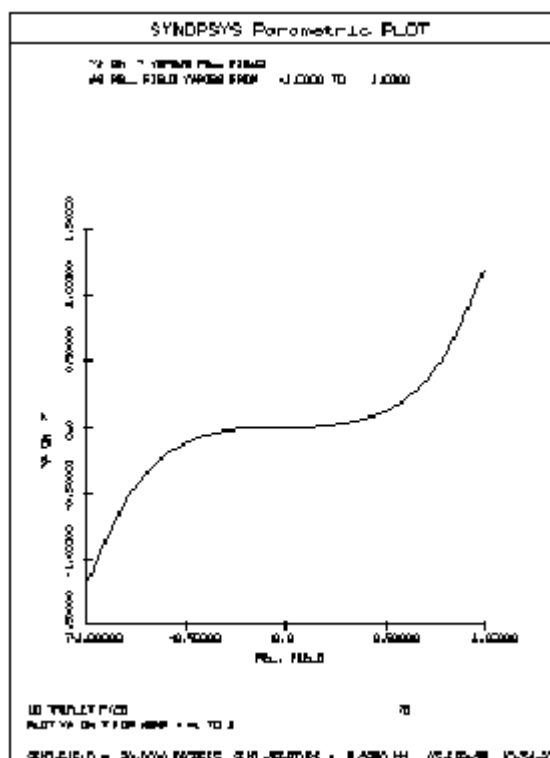
Триплет, который мы оптимизировали, требует после оптимизации образец стекла и SPEC показывает список для первого элемента $N_d = 1.8000$ и $V_d = 48.2$. Однако не существует стекол с такими значениями, поэтому мы, вероятно, выбрали бы LASFN30 с $N_d = 1.80318$ и $V_d = 46.38$. Я говорил, что для выбранного стекла SYNOPSIS пытается моделировать частную дисперсию типового стекла, чтобы дать реалистическую оценку вторичного спектра для реальных стекол с теми же самыми параметрами. В качестве примера работы A 1, рассмотрим показатель преломления стекла как функцию от длины волны для реального стекла и для его эквивалентной модели.

```
CHG
1 GLM 1.80318 46.38
5 GTB S
LASFN30
END
MULTI PLOT 1 IND FOR WAVL = 0.4 TO 0.8
ADD PLOT 5 IND FOR WAVL = 0.4 TO 0.8
END
```

```
CHG
1 GLM 1.80318 46.38
5 GTB S
LASFN30
КОНЕЦ
МНОГО ГРАФИКОВ 1 IND ДЛЯ WAVL = от 0.4 ДО 0.8
ПРИБАВЬТЕ ГРАФИК 5 IND ДЛЯ WAVL = от 0.4 ДО 0.8
КОНЕЦ
```


КОНЕЦ

Этот ввод удаляет настоящее параксиальное решение и затем перемещает поверхность 7 в положение выходного зрачка по выбору YPT. Когда эта поверхность назначена, то новая команда YMT считает, что поверхность 8 будет в плоскости изображения. Просто введите число, чтобы определить эту новую поверхность. Фактические координаты Y на поверхности 7 для главного луча от 21 полевой точки (HVAR = от -1 до 1) уже подготовлены. Они показывают сферическую аберрацию в зрачке. Результат приведён ниже.



Другой пример достоинства AI. В Главе 7 Вы видели телескоп рефлектор с вторичным зеркалом Манжена. Первичное зеркало имеет отверстие, которое в принципе должно быть не больше, чем диаметр вторичного зеркала. Существует простой способ записи новой команды, которая в AI передаёт величину виньетирования (экранирования) от одной поверхности к другой, где она равна полной апертуре. Первая линия в примере ниже определяет новую команду, AA, как последовательность из двух линий. Первая из них использует глагол AIPSET, чтобы переместить текущее значение полной апертуры с

поверхности 2 к символу "Вершина". Следующая часть команды устанавливает CAI первичного зеркала, равным AIP, которое является символом, немедленной заменены числовым значением. Когда новая команда AA введена, то происходит перемещение, и новая величина CAI, будет находиться на внутренней части поверхности 1.

```
SYNOPSIS AI>AA: AIPSET CAO 2 / 1 CAI = AIP
SYMBOL 28 DEFINED: AA*
AIPSET CAO 2 / 1 CAI = AIP
SYNOPSIS AI>AA
AIPSET CAO 2 / 1 CAI = AIP
Surface number 2 has a program-generated aperture.
The semi-aperture on surface number 2 is 2.04561849
1 CAI = 2.0456185
Surface number 1 has an inside semi-clear aperture 2.04561850
```

```
SYNOPSIS AI > AA: AIPSET CAO 2 / 1 CAI = AIP
СИМБОЛ 28 ОПРЕДЕЛЕННЫЙ: AA*
AIPSET CAO 2 / 1 CAI = AIP
SYNOPSIS AI > AA
AIPSET CAO 2 / 1 CAI = AIP
Поверхность 2 имеет назначенную программой апертуру.
Радиус поверхности равен - 2.04561849
1 CAI = 2.0456185
Поверхность с номером 1 имеет внутренний радиус апертуры = 2.04561850
```

Обратите внимание, что эта последовательность возводит в степень замену символа в другом столбце 1, поэтому чтобы работа выполнялась необходимо, поместить выключатель 45 в положение ON. Для ускорения работы в AI, поверните выключатель в Вашем MACro редакторе.

Возможно, Вы решите закончить в этом месте обучение так, как SYNOPSIS это очень большой и всесторонний пакет программ. Получив эту большую инструкцию SYNOPSIS, Вы не должны бояться трудностей. Вы должны стараться понять более полные объяснения и необычные возможности, которые находятся в Справочнике Пользователя.

Многое из того, что включено в SYNOPSIS, возникло в результате запросов пользователей. Область оптики настолько широка, что никто не может предсказать будущие потребности промышленности. Я полагаюсь на Вас в совершенствовании пакета программ. Сообщите мне, какие работы выполняются хорошо и что не работает. Особенно важно, сообщите, что я могу сделать, чтобы Ваша работа по проектированию оптики, была более производительной и приносила бы Вам большее удовлетворение.

Библиография

Основные законы оптики:

- Jenkins, White. Fundamentals of Optics. - McGraw-Hill, 1957.
- Born, Wolf. Principles of Optics. - Pergamon, 1975.
- Hardy, Perrin. The Principles of Optics. - McGraw-Hill, 1932.
- Herzberger. Modern Geometrical Optics. - Interscience, 1958.

Проектирование оптических систем и разработка оптики:

- Military Standardization Handbook // Optical Design (MIL-HDBK-141), U.S. Government Printing Office, 1962.
- Smith. Modern Optical Engineering. - McGraw-Hill, 1966.
- Kingslake, Thompson, Shannon, Wyant (Ed.). Applied Optics and Optical Engineering. - Vol. 1-10, Academic Press.
- Kingslake. Lens Design Fundamentals. - Academic Press, 1978.
- Kingslake. Optical System Design. - Academic Press, 1983.
- Conrady A.E. Applied Optics and Optical Design. - Dover, 1957, 1960. - V. 2.

Тематика, связанная с оптикой и оптическими системами:

- Wolfe, Zissis (Ed.). The Infrared Handbook. Office of Naval Research, Department of the Navy. Arlington. VA.
- Linfoot E. H. Fourier Methods in Optical Image Evaluation. - Focal Press, 1964.
- Cox A. System of Lens Design. - Focal Press, 1964.

Статьи, посвящённые SYNOPTSYS:

- Dilworth D.C. Fast MTF calculation in the presence of diffraction // Appl. Opt. - 1972. - 11. - s. 1101.
- Dilworth D.C. Pseudo-second-derivative matrix and its application to automatic lens design // Appl. Opt. - 1978. - 17. - s. 3372.
- Dilworth D.C. Improved Convergence with the pseudo-second-derivative (PSD) Optimization Method // SPIE. - 1983. - 399. - s. 159.
- Dilworth D.C. Automatic Lens Optimization: Recent Improvements // SPIE. - 1985. - 554. - s. 191.
- Dilworth D.C. A Multilevel Approach to User-friendly Lens Design // SPIE. - 1986. - 655. - s. 6.
- Dilworth D.C. Applications of Artificial Intelligence to Computer-aided Lens Design // SPIE. - 1987. - 766. - s. 91.

- Dilworth D.C. SYNOPSIS: a State-of-the-Art Package for Lens Design // SPIE.- 1987. - 766. - s. 264.

Отечественная литература по прикладной оптике и проектированию оптических систем

- Тудоровский А.И. Теория оптических приборов. - Т. 1, 2. 2-е изд. - М.: Изд-во АН СССР, 1948. - 1952.
- Слюсарев Г.Г. Методы расчёта оптических систем. - М.: Машиностроение, 1969. - с. 670.
- Апенко М.П., Дубовик А.С. Прикладная оптика. - М.: Наука, 1971. - с. 392.
- Турыгин И.А. Прикладная оптика. - Т. 1, 2. - М.: Машиностроение, 1966. - с. 362, 431.
- Слюсарев Г.Г. Методы расчёта оптических систем. - Л.: ОНТИ, 1937.
- Чуриловский В.Н. Теория хроматизма и аберраций третьего порядка. - М.: Машиностроение, 1968. - с. 312.
- Чуриловский В.Н. Теория оптических приборов. - М.-Л.: Машиностроение, 1966. - с. 564.
- Родионов С.А. Автоматизация проектирования оптических систем. - Л.: Машиностроение, 1982.
- Практикум по автоматизации проектирования оптико-механических приборов / Под ред. В.В. Малинина. - М.: Машиностроение, 1989.
- Ефремов В.С. Оптические устройства оптико-электронных приборов. Метод. указания / НИИГАиК. - Новосибирск, 1991. - с. 38.