

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук Курта Виктора Ивановича, на диссертационную работу Горячевой Варвары Александровны на тему «Объектив с переменным фокусным расстоянием для телевизионной камеры обзорно-поисковой информационно-измерительной системы», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.11 – Информационно-измерительные и управляющие системы

Оптико-электронные системы (ОЭС) находят широкое применение в различных областях науки, производства и в сфере обеспечения обороны и безопасности государства. Развитие электронной компонентной базы, создание фотоприемников нового поколения, обладающих высокой температурной чувствительностью, позволило создать оптико-электронные приборы, обладающие высоким температурным и пространственным разрешением.

Одним из видов ОЭС являются обзорно-поисковые информационно-измерительные системы (ОПИИС).

ОПИИС предназначены для решения как отдельных задач (поиск заданных объектов, в том числе людей), так и для решения комплекса задач (обнаружение и распознавание объектов, определение ряда их физических параметров) в различных спектральных диапазонах. Для решения комплексных задач к ОЭС предъявляются определенные требования по полю зрения и увеличению, реализация которых приводит либо к увеличению габаритных размеров и веса ОЭС, либо к созданию комплексированных (многоканальных) ОЭС, что также приводит к увеличению их габаритно-массовых характеристик.

Оптимальным решением в данном случае является создание объектива с переменным фокусным расстоянием (ОПФР), позволяющим реализовать требования по полю зрения и необходимому увеличению.

Создание такого объектива является сложной задачей, так как единых подходов и методик проектирования в настоящее время не существует.

Существующие подходы нахождения начальной оптической системы обладают как рядом достоинств, так и рядом недостатков, оказывающих существенное влияние на конечный результат.

Учитывая вышесказанное, задача разработки объектива с переменным фокусным расстоянием является актуальной и имеющей практическое значение.

Допущения и ограничения, использованные автором и определяющие рамки исследований и расчетов, вытекают из проведенного анализа требований, предъявляемых к характеристикам ОПФР, соответствуют характеристикам современных ОЭС и не противоречат основным законам оптики.

Обоснованность выводов и рекомендаций, сформулированных автором в диссертации, подтверждается использованием математического моделирования трех и четырехкомпонентной оптической системы переменного фокусного расстояния в параксиальной области,

Достоверность полученных автором научных результатов подтверждается использованием в ходе исследований апробированного научно-методического аппарата, а также моделированием в программном пакете по расчету оптических систем.

Научная новизна исследований заключена, во-первых, в разработанном, с использованием метода вариации параметров, алгоритме синтеза исходной оптической системы трех- и четырехкомпонентного ОПФР. Разработанный алгоритм позволяет существенно снизить время расчета оптических систем за счет автоматизации расчета оптических сил, относительных отверстий и законов перемещений компонентов объектива.

Не менее значимой, с точки зрения научной новизны, является разработанная математическая модель трех- и четырехкомпонентной оптической системы переменного фокусного расстояния. Разработанная модель обладает большими возможностями по изменению параметров оптической системы по сравнению с известными.

Практическая значимость представленной работы связана с ее прикладной ориентацией на решение важной научно-технической задачи – расчет оптических систем с переменным фокусным расстоянием.

Предложенные автором алгоритм синтеза оптической системы трех- и четырехкомпонентного ОПФР позволяет завершить выбор оптической схемы на этапе ее синтеза и, соответственно, существенно сократить время разработки такой системы.

В качестве подтверждения практической значимости работы Горячевой В.А. приведен ОПФР телевизионной камеры высокого разрешения.

Основные результаты диссертации отражены в 3 печатных работах, входящих в перечень рекомендованных ВАК, докладывались на научно-технических конференциях. Автором защищен патент на изобретение 2690098 – Объектив для ближней ИК-области спектра.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Основное содержание диссертации изложено в трех главах (помимо введения, заключения, списка литературы и приложений) и выдержано в традиционном стиле.

Введение содержит краткую характеристику работы в целом и обоснование необходимости решения задач, поставленных в диссертации.

В первой главе отмечается расширение области применения обзорно-поисковых информационно-измерительных систем. В качестве примера приведена двухканальная ОПИИС, оценены ее достоинства и недостатки. В качестве альтернативы предложена оптическая система с переменным фокусным расстоянием, позволяющая улучшить характеристики ОПИИС.

Рассмотрены особенности расчета ОПФР в России и за рубежом, приведены различные варианты известных ОПФР. Автором проведен серьезный патентный поиск, так как основным источником сведений о существующих в настоящее время ОПФР являются патенты.

Отмечено сходство в проектировании ОПФР в России и за рубежом, рассмотрены существующие подходы к нахождению исходной оптической системы ОПФР.

На основании рассмотренного материала сделан вывод об актуальности задачи нахождения более простых и эффективных способов расчета исходной оптической системы ОПФР.

Во второй главе выбран метод расчета исходной оптической системы. Автором представлены этапы расчета исходной оптической системы, подчеркнута необходимость автоматизации процесса габаритного расчета оптической системы.

Приведены математические выражения для расчета компонентов оптической системы. Указано, что габариты компонентов и законы их движения уточняются исходя из конструктивных требований к габаритам системы.

Исходя из приведенных математических выражений, составлен макрос в программе по расчету оптической системы, приведена блок-схема его работы.

Процесс расчета компонентов оптической системы сопровождается наглядным графическим материалом.

В завершении главы приведена схема работы предлагаемой методики расчета ОПФР.

В третьей главе приведены результаты применения выбранной методики расчета ОПФР для конкретной телевизионной камеры высокого разрешения.

Приведены расчеты четырех объективов с различным количеством оптических элементов (в том числе с асферической линзой), различного увеличения. Приведены их расчетные характеристики. Все расчеты сопровождаются наглядным графическим материалом. Проведен сравнительный анализ полученных ОПФР с точки зрения дальности обнаружения и распознавания объектов, тем самым определив соответствующий круг задач, для решения которых могут быть использованы рассчитанные ОПФР.

В заключении сформулированы основные результаты работы, которые показывают, что поставленная цель достигнута, а задачи - решены.

В представленных материалах диссертационной работы имеются следующие недостатки.

1. На стр. 51 указано, что положение поверхностей задается из предполагаемой конструкции так, чтобы сумма расстояний между поверхностями в первой конфигурации была равна сумме расстояний между поверхностями во второй конфигурации. Как получены конкретные значения переменных воздушных промежутков для первой конфигурации, соответствующей минимальному фокусному расстоянию, в таблице редактора *Multi-Configuration Editor* $d_1=10$ мм; $d_2=145$ мм; $d_3=5$ мм?

2. Объектив с непрерывно изменяющимся фокусным расстоянием должен формировать изображение высокого качества в любой точке диапазона его изменения, что достигается оптимизацией параметров для нескольких заданных конфигураций, число которых зависит от кратности изменения фокусного расстояния.

В диссертации приводятся схемы расположения компонентов и характеристики качества изображения (графики aberrаций, графики модуляционной передаточной функции и функции концентрации энергии в пятне рассеяния лучей заданного диаметра) только для исходной f'_{min} и конечной f'_{max} конфигураций системы, поэтому невозможно оценить качество изображения во всем диапазоне изменения фокусного расстояния.

3. Для чего на графиках перемещения подвижных компонентов, представленных на рис. 3.10 (два подвижных компонента) и 3.23 (четыре подвижных компонента), показана пунктирная линия? В первом случае, как следует из текста, она указывает на движение второго компонента по пути третьего, начиная с $f'=110$ мм, во втором случае пунктирная линия названа «опорной плоскостью» и отмечается, что компоненты движутся навстречу друг другу, при этом нежелательно, чтобы второй и пятый компоненты следовали по

пути третьего и четвертого. Почему на графиках перемещения подвижных компонентов, представленных на рис. 3.3 и 3.17, пунктирная линия не показана?

4. Для объектива, представленного на рис. 3.2 указано, что в начальном состоянии система имеет положительную дисторсию 8,5%, в конечном состоянии - положительную дисторсию 1,27%, а на графиках, приведенных на рис. 3.4(б) и 3.5(б), дисторсия отрицательная.

Для объектива, представленного на рис. 3.9, указано, что в конечном состоянии система имеет положительную дисторсию 0,45%, а на графике 3.12(б) дисторсия отрицательная.

Для объектива, представленного на рис. 3.22, указано, что в начальном состоянии система имеет положительную дисторсию 18%, в конечном состоянии - положительную дисторсию 1,4%, а на графиках, приведенных на рис. 3.24(б) и 3.25(б), дисторсия отрицательная.

5. На стр. 78 и 86 указано, что плотность потока излучения при радиусе пятна рассеяния лучей 2,685 мкм составляет 72% и 70%. В СИ единицей измерения плотности потока излучения является Вт/м², на рис. 3.7 и 3.14 представлены графики функции концентрации энергии в заданной области, которая выражается в процентах от полной энергии.

6. В разделе «Заключение» указано, что объектив, представленный на рис. 3.2 термически скомпенсирован в диапазоне рабочих температур от -60°C до +60°C, при этом раздел 3.1 не содержит никакой информации о том, каким способом осуществляется устранение расфокусировки изображения при изменении температуры, отсутствуют характеристики качества изображения объектива (графики модуляционной передаточной функции и функции концентрации энергии в пятне рассеяния лучей заданного диаметра) в условиях изменившейся температуры.

Однако отмеченные недостатки не снижают общей научной и практической значимости работы.

В целом следует считать, что представленные результаты исследований Горячевой В.А. являются научной квалификационной работой, в которой содержится решение важной и актуальной научной задачи, заключающейся в повышении функциональных характеристик обзорно-поисковых информационно-измерительных систем за счет применения в их оптической системе объектива с переменным фокусным расстоянием, обеспечивающим высокое качество изображения исследуемых объектов и их фрагментов.

Диссертация соответствует требованиям «Положения ВАК», предъявляемым к кандидатским диссертациям, соответствует специальности 2.2.11 - Информационно-измерительные и управляющие системы, а ее автор, Горячева Варвара Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент

Начальник отдела - главный метролог АО «НПО «ГИПО»
доктор технических наук

В.И. Курт

АО «Научно-производственное объединение
«Государственный институт прикладной оптики» (АО «НПО «ГИПО»)
420075, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Липатова, д.2
Тел.: +7 (843) 234-33-92, +7 (843) 234-35-72
e-mail: gipo@shvabe.com, npogipo@tnpko.ru



Подпись Курт В.И.
заверяю Мухамет
Нач. сект. управления документами
«20» 02. 2024 г.

Отзыв официального оппонента

доктора технических наук, профессора, профессора кафедры 301
«Системы автоматического и интеллектуального управления» ФГБОУ ВО
«Московский авиационный институт (национальный исследовательский
университет)» Бусурина Владимира Игоревича

на диссертацию Горячевой Варвары Александровны на тему «Объектив
с переменным фокусным расстоянием для телевизионной камеры обзорно-
поисковой информационно-измерительной системы», представленную на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы

1 Актуальность темы диссертационной работы

Современные обзорно-поисковые информационно-измерительные системы (ОПИИС) содержат канал технического зрения, что позволяет их использовать в геодезии, картографии, кинематографии, общественной безопасности, управлении движением и т.д. В зависимости от выполняемой задачи ОПИИС оснащается соответствующим оптическим блоком. При этом необходимо, чтобы оптический блок системы обладал как большим полем зрения, так и достаточным увеличением. Для этого широко используются многоканальные системы. Однако использование таких систем не всегда позволяет выполнить требования по габаритам, массе, стоимости. Удовлетворить этим требованиям возможно с помощью телевизионной системы с объективом переменного фокусного расстояния. Такие объективы позволяют заменить два и более телевизионных канала в обзорно-поисковых информационно-измерительных системах, обеспечивая уменьшение массогабаритных характеристик и сохранение высокого качества изображения во всем диапазоне изменения поля зрения прибора.

Достижение требуемых характеристик объективов с переменным фокусным расстоянием зависит от выбора оптимальной исходной системы с определенными ограничениями, когда определяется количество компонентов, их оптические силы, световые размеры и закон перемещения. Поэтому разработка алгоритмов и методик расчета объектива с переменным фокусным расстоянием для телевизионной камеры обзорно-поисковой информационно-измерительной системы, которым посвящена диссертационная работа, является актуальной научной и практической задачей.

2. Научная новизна полученных результатов

К новым научным результатам, полученным в диссертационной работе, можно отнести следующее:

1) разработку математической модели трех- и четырехкомпонентной оптической системы переменного фокусного расстояния в параксиальной области, которая отличается от известных накладываемыми ограничениями на оптическую силу третьего компонента и световой диаметр первого компонента и позволяет синтезировать исходные данные для проектирования обзорно-поисковых информационно-измерительных систем;

2) разработку алгоритма синтеза исходной оптической системы трех- и четырехкомпонентного объектива переменного фокусного расстояния в параксиальной области, отличающейся от известных применением метода вариации параметров, и позволяющей автоматизировать процесс расчета оптических сил, относительных отверстий и законов перемещения компонентов объектива обзорно-поисковой информационно-измерительной системы;

3) методику расчета n -компонентного объектива переменного фокусного расстояния, отличающуюся от известных автоматизацией этапа синтеза исходной оптической системы переменного фокусного расстояния и позволяющую повысить функциональные характеристики обзорно-поисковых информационно-измерительных систем.

3. Степень обоснованности и достоверности научных результатов, выводов и заключений, содержащихся в диссертации

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе, подтверждается обоснованностью допущений и преобразований при разработке математических моделей оптической системы переменного фокусного расстояния в параксиальной области. Корректность математических моделей обоснована соответствием полученных результатов известным, а также подтверждена согласованностью результатов теоретических и экспериментальных исследований. Выводы в диссертационной работе сделаны на основании анализа данных теоретических исследований и моделирования.

4. Теоретическая и практическая значимость полученных в диссертации результатов

Предложенный алгоритм для синтеза трех- и четырехкомпонентного объектива с переменным фокусным расстоянием на основе разработанной

математической модели реализован на основе использования метода вариации параметров и позволяет автоматизировать процесс расчета оптических сил, относительных отверстий и законов перемещения компонентов объектива.

Практическая значимость заключается в автоматизации этапа структурно-габаритного синтеза, реализованной в виде программы расчета оптических систем на языке *ZEMAX*. Предложенная методика расчета *n*-компонентного объектива переменного фокусного расстояния обеспечивает учет критерия оптимальности количества линз при переходе от параксиальных компонентов к реальным, что позволяет получить оптическую систему объектива с высокими оптическими характеристиками для обзорно-поисковых информационно-измерительных систем.

Значимость результатов диссертационной работы для практики подтверждена актом о внедрении результатов в АО «Конструкторское бюро приборостроения им. Академика А.Г. Шипунова».

5. Структура работы

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, приложений. Диссертация изложена на 122 страницах машинописного текста, включая 51 рисунок, 9 таблиц, 63 наименования используемых источников. Выводы приведены в конце каждой главы, основные теоретические и практические результаты сформулированы в заключении.

6. Соответствие работы требованиям, предъявляемым к диссертациям

Диссертация обладает внутренним единством, имеет научную новизну, теоретическую и практическую значимость, раскрывает сущность выполненного исследования, содержит обоснования полученных автором результатов и описание их практической реализации. Диссертация является логически завершенным изложением результатов научного исследования, выполненного автором.

Содержание диссертации соответствует научной специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы. Отраженные в диссертации научные положения соответствуют области исследования – п. 2. Исследование возможностей и путей совершенствования существующих и создания новых элементов структуры и образцов информационно-измерительных и управляющих систем, улучшение их технических,

эксплуатационных, экономических и эргономических характеристик, разработка новых принципов построения и технических решений.

Диссертация соответствует критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней.

7. Публикации и апробация результатов работы

Основные научные результаты диссертации изложены в 10-и работах, среди которых 3-и статьи в журналах, включенных в перечень ВАК по научной специальности 2.2.11, и 1 патент РФ на изобретение.

Результаты работы апробированы на Всероссийской научно-технической конференции «Системы управления движением и навигация. Современное состояние и перспективы», 2017 г.; Всероссийской научно-технической конференции «Информационно-измерительные системы комплексов навигации и управления движением», 2019 г.; 15-ой Международной научно-технической конференции «Приборостроение-2022», 2022 г.

8. Соответствие автореферата основным положениям диссертации

Автореферат и диссертация написаны технически грамотным языком, соответствуют требованиям ГОСТ Р. 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации». Структура и содержание автореферата полностью соответствуют основным положениям диссертации.

9. Замечания по работе

- 1) При использовании метода вариации параметров в алгоритме синтеза оптической системы объектива с переменным фокусным расстоянием в параксиальной области не показано, достигается локальный или глобальный экстремум при поиске решения (п. 2.2).
- 2) Не указано, насколько сокращено время габаритного синтеза объектива с переменным фокусным расстоянием по сравнению с известными методами.
- 3) Желательно было бы привести критерий и оценку оптимальности полученной оптической системы при завершении работы макроса.
- 4) В п.п. 2.1, 2.2 приведена и исследуется математическая модель оптической системы с переменным фокусным расстоянием для четырехкомпонентной оптической системы; не показано, как ее использовать для заявленной трехкомпонентной оптической системы.
- 5) Не пояснено, как выбирались значения параметров p и q при поиске решений для оптической системы (п. 2.2, с. 49).

б) Сравнение результатов моделирования оптической системы с идеальной системой произведено качественно, без количественной оценки (с. 78, Рис. 3.8, с.87, Рис. 3.15, с. 105, Рис. 3.28).

7) Имеются погрешности в оформлении (повторы:- цель и задачи (стр. 6-7) и заключение (стр. 111-112),- часть выводов по главе 3 (стр. 107-108) и заключение (стр. 113-114); встречаются сочетания «хорошие функциональные характеристики», «эффективно решать задачи», «расширение характеристик» и др., которые трудно оценить без приведения количественных значений параметров).

Указанные замечания носят рекомендательный характер и не являются определяющими при оценке диссертационного исследования.

10. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

Диссертационная работа Горячевой Варвары Александровны на соискание ученой степени кандидата технических наук является научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научная и практическая задача разработки алгоритма синтеза исходной оптической системы объектива переменного фокусного расстояния в параксиальной области, позволяющего автоматизировать этап синтеза, а также предложена методика расчета объективов с переменным фокусным расстоянием, в частности для обзорно-поисковых информационно-измерительных систем, что соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертационной работы, раскрывает основные положения проведенного исследования и полученные результаты, основные выводы по диссертации приведены в заключении автореферата.

Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, свидетельствует о личном вкладе автора в науку (п. 10 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ). Диссертация имеет прикладной характер, в ней приведены сведения о практическом использовании полученных научных результатов, предложенные решения аргументированы (п. 10 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ).

Работа отвечает требованиям п.п. 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

В целом, диссертация «Объектив с переменным фокусным расстоянием для телевизионной камеры обзорно-поисковой информационно-измерительной системы» на соискание ученой степени кандидата технических наук в полной мере соответствует требованиям действующего «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор Горячева Варвара Александровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы (технические науки).

Официальный оппонент

Бусурин Владимир Игоревич,
д.т.н. по специальности 05.13.05. Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления,
профессор федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ)
125993, г. Москва, Волоколамское ш., д. 4
Тел. +7 499 1582571, +7 499 1582977,
Электронная почта: mai@mai.ru , vbusurin@mai.ru



Бусурин Владимир
Игоревич

Подпись официального оппонента Бусурина Владимира Игоревича, д.т.н., профессора МАИ «заверяю».

Начальник Отдела кадрового делопроизводства работников МАИ



О.В. Носова

« 22 » 02 2024 г.