



УТВЕРЖДАЮ

1-й Заместитель – Заместитель  
генерального директора по НИОКР  
АО «ЦКБ «ФОТОН»

Ф.М. Броун

«01» 03 20 24 г.

## ОТЗЫВ

### ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Горячевой Варвары Александровны «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 оснащены оптической частью, содержащей два и более оптических канала, выполняющих соответствующие функции. Оптические системы переменного фокусного расстояния позволяют заменить несколько каналов, в зависимости от их назначения, что позволяет уменьшить массогабаритные характеристики и стоимость прибора. Оптические системы, а именно, телевизионные системы с объективом переменного фокусного расстояния обладают как большим полем зрения, так и достаточным увеличением, а также должны обеспечивать высокое качество изображения, что в совокупности позволяет повысить обнаружительно-опознавательную способность прибора.

Однако в настоящее время **актуальной** научной и практической задачей является нахождение методики расчета объектива с переменным фокусным расстоянием, поскольку нет единых методов проектирования таких оптических систем – проектирование данных систем преимущественно основывается либо на поиске и выборе соответствующего аналога, либо на использовании собственных разработанных методов, заимствование которых невозможно или связано с трудностями по ряду причин.

При этом определяющим в процессе проектирования, который делят на этапы синтеза, анализа и оптимизации, является этап синтеза, на котором

определяются структурно-габаритные характеристики исходной оптической системы (оптические силы, относительные отверстия, законы перемещения компонентов при заданном перепаде фокусных расстояний, габариты системы и другие ограничения). Задача структурно-габаритного синтеза объектива с переменным фокусным расстоянием также является **актуальной**, по тем же причинам, что и задача нахождения единой методики расчета таких систем.

Вследствие этого автор предлагает разработанный и автоматизированный алгоритм структурно-габаритного синтеза трех- и четырехкомпонентного объектива с переменным фокусным расстоянием на основе предложенной математической модели и метода вариации параметров, а также методику расчета *n*-компонентной оптической системы объектива переменного фокусного расстояния. Направление этой работы перспективно с точки зрения инженерной практики. Это позволяет **положительно** ответить на вопрос **актуальности** представленного диссертационного исследования.

## **2. Новизна полученных результатов**

В ходе диссертационного исследования автором получены результаты, обладающие научной новизной:

1. разработана математическая модель, описывающая трех- и четырехкомпонентную оптическую систему переменного фокусного расстояния в параксиальной области, отличающаяся от известных накладываемыми ограничениями на оптическую силу третьего компонента и световой диаметр первого компонента, позволяющая синтезировать исходные данные для проектирования обзорно-поисковых информационно-измерительных систем;

2. разработан алгоритм синтеза исходной оптической системы трех- и четырехкомпонентного объектива переменного фокусного расстояния в параксиальной области, отличающийся от известных применением метода вариации параметров, и позволяющий автоматизировать процесс расчета оптических сил, относительных отверстий и законов перемещения компонентов объектива обзорно-поисковой информационно-измерительной системы;

3. предложена методика расчета *n*-компонентного объектива переменного фокусного расстояния, отличающаяся от известных автоматизацией этапа синтеза исходной оптической системы переменного фокусного расстояния, позволяющая повысить функциональные характеристики обзорно-поисковых информационно-измерительных систем.

## **3. Степень обоснованности научных положений, результатов, выводов и рекомендаций, содержащихся в диссертации**

Обоснованность научных положений диссертационной работы Горячевой В.А. подтверждается достаточным объемом проанализированных отечественных и зарубежных источников по тематике работы.

Как следует из введения, целью диссертационной работы является повышение функциональных характеристик обзорно-поисковых информационно-измерительных систем за счет применения телевизионной камеры с объективом переменного фокусного расстояния, обеспечивающим высокое качество изображения.

Для достижения поставленной цели автором была проанализирована двухканальная телевизионная обзорно-поисковая информационно-измерительная система, выявлены ее достоинства и недостатки, предложена одноканальная телевизионная обзорно-поисковая информационно-измерительная система с объективом переменного фокусного расстояния; выполнены обзор и анализ существующих объективов с переменным фокусным расстоянием; проанализированы существующие методы синтеза таких объективов; разработаны математическая модель, алгоритм и программа синтеза исходного трех- и четырехкомпонентного объектива переменного фокусного расстояния; разработана методика расчета  $n$ -компонентного объектива переменного фокусного расстояния; проведена верификация разработанной методики расчета объектива переменного фокусного расстояния для телевизионной камеры обзорно-поисковой информационно-измерительной системы.

Результаты работы подвержены согласованностью теоретических и экспериментальных исследований, актом о внедрении, патентом на изобретение, участием в научных конференциях российского и международного уровня.

В связи с вышеизложенным, достоверность полученных результатов не вызывает сомнений.

Выводы и рекомендации, представленные в работе, сделаны на основании фактического материала и его анализа при проведении теоретических исследований и моделировании.

На основании вышеизложенного можно заключить, что научные положения, полученные результаты, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, являются достаточно обоснованными.

#### **4. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертационной работы**

Теоретическая значимость работы заключается в том, что метод структурно-габаритного синтеза объектива переменного фокусного расстояния, для телевизионной камеры обзорно-поисковой информационно-измерительной системы, дополняет теорию и расчет оптических систем.

Практическая значимость заключается в автоматизации этапа структурно-габаритного синтеза (в программе расчета оптических систем на основе предложенного алгоритма написан макрос), в основу которого положены предложенные математическая модель и метод вариации параметров;

использование интерфейса программы для задания начальных данных, что в совокупности сокращает время поиска исходной оптической системы такого объектива и обеспечивает наглядность проектирования на этапе синтеза.

Предлагаемая методика расчета  $n$ -компонентного объектива переменного фокусного расстояния позволяет перейти к следующим этапам проектирования (анализу и оптимизации) по завершении этапа синтеза: переход от параксиальных компонентов к реальным следует из некоторого критерия оптимальности исходной системы – относительного отверстия отдельного компонента, далее осуществляется переход от стандартной линзы с параметром среды *Model* к линзам с реальными стеклами. На этих этапах добавляются коррекционные элементы и осуществляется анализ и оптимизация системы в программе по расчету оптических систем.

Таким образом, практическую ценность представляют:

- автоматизированный алгоритм синтеза исходной оптической системы трех- и четырехкомпонентного объектива с переменным фокусным расстоянием, в основу которого положены математическая модель и метод вариации параметров;
- методика расчета  $n$ -компонентного объектива с переменным фокусным расстоянием, позволяющая спроектировать такой объектив, имея лишь исходные данные.

Значимость результатов диссертационной работы для практики подтверждена актом о внедрении результатов в деятельность АО «Конструкторское бюро приборостроения им. академика А.Г. Шипунова» в отделе расчета и конструирования оптических систем и патентом на изобретение.

## **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. Отдельные выводы даны в конце каждого раздела, основные теоретические и практические результаты – в заключении диссертации.

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

Структура диссертации соответствует требованиям ВАК.

## **6. Публикации и апробация результатов работы**

Результаты диссертации отражены в 10 печатных работах: 3 работы, входящие в перечень рекомендованных ВАК РФ; 6 работ в иных изданиях, из них

имеются работы в сборнике трудов международной и в сборнике трудов всероссийской научно-технических конференциях; 1 патент на изобретение.

Результаты работы были представлены на следующих конференциях: Всероссийская научно-техническая конференция «Системы управления движением и навигация. Современное состояние и перспективы», 2017; Всероссийская научно-техническая конференция «Информационно-измерительные системы комплексов навигации и управления движением», 2019; 15 Международная научно-техническая конференция «Приборостроение-2022», 2022.

## **7. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы**

Указанные в диссертационной работе результаты и выводы могут быть полезны при проектировании оптических систем с переменным фокусным расстоянием. Макрос, написанный на языке программирования, с комментариями и пояснениями, представляет интерес для разработчиков, использующих в своей работе язык программирования *ZEMAX*. Использование при работе с макросом интерфейса программы *ZEMAX*, позволяющего задать начальные данные и вывести результаты расчета, дает возможность проектирования более широкому кругу потенциальных пользователей. Это также относится и к использованию методики расчета *n*-компонентного объектива с переменным фокусным расстоянием.

Применение и развитие соответствующих исследований могут иметь место в институтах, занимающихся проектированием оптических систем, а также в следующих предприятиях и организациях: АО «Конструкторское бюро приборостроения им. академика А.Г. Шипунова» (г. Тула), АО «Центральное конструкторское бюро «Фотон» (г. Казань), АО «Научно-производственное объединение «Государственный институт прикладной оптики» (г. Казань), ПАО «Красногорский завод им. С.А. Зверева», ПАО «Ростовский оптико-механический завод» и др.

## **8. Замечания по работе**

1. Автор не приводит пошаговой инструкции для пользователя, как использовать редакторы программы расчета оптических систем при задании данных и при считывании результатов в решении конкретной задачи. Для неподвижного пользователя такая инструкция совершенно необходима. Она могла бы содержать несколько конкретных примеров расчета исходных оптических систем, которые были бы интересны с практической точки зрения. Это привлекло бы к программе автора более широкий круг потенциальных пользователей.

2. В макросе следовало представить результат численных вычислений оценки оптимальности полученной исходной оптической системы.

3. Целесообразнее было бы представить в виде таблицы оптические характеристики полученных объективов переменного фокусного расстояния для телевизионной камеры обзорно-поисковой информационно-измерительной системы.

Приведенные замечания носят частный характер и не влияют на общую положительную оценку актуальности, научной новизны и полезности представленной работы, не затрагивают существа научных положений, представленных к защите, не отрицают основных выводов, сформулированных в диссертации.

### **9. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней**

Диссертационная работа Горячевой Варвары Александровны «Объектив с переменным фокусным расстоянием для телевизионной камеры обзорно-поисковой информационно-измерительной системы», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научная и практическая задача, заключающаяся в нахождении и автоматизации алгоритма структурно-габаритного синтеза исходной оптической системы объектива переменного фокусного расстояния в параксиальной области, а также предложена методика расчета  $n$ -компонентного объектива 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 полностью отражает содержание диссертации, в нем изложены все необходимые элементы работы, требования к форме и объему выполнены.

Научные положения, результаты, выводы и рекомендации, приведенные в диссертации, обоснованы и аргументированы, а их достоверность не противоречит известным теоретическим положениям, производственному опыту и подтверждена экспериментом.

В целом диссертационная работа «Объектив с переменным фокусным расстоянием для телевизионной камеры обзорно-поисковой информационно-измерительной системы» соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ и паспорту научной специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы: п.6 «Исследование возможностей и путей совершенствования и создания новых элементов, частей, образцов информационно-измерительных и управляющих систем, улучшение их технических, эксплуатационных, экономических и

эргономических характеристик, а также разработка новых принципов построение и технических решений»; а ее автор Горячева Варвара Александровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Диссертационная работа заслушана и одобрена на заседании НТС отдела технических расчетов, протокол №1 от 20.02.2024г.

Начальник отдела  
технических расчетов

Бурдинов Николай Юрьевич

Подпись Н.Ю. Бурдинова заверяю

Начальник отдела делопроизводства

О.Г.Рукавишникова

АО «Центральное конструкторское бюро «ФОТОН»

420075, г. Казань, Липатова ул., 37

Тел.: +7 (843) 234-14-91

Факс: +7 (843) 234-33-81

e-mail: [mail@ckb-photon.ru](mailto:mail@ckb-photon.ru)