

– создание собственных конкурентоспособных технологий на основе известных методов секвенирования;

– разработка принципиально новых подходов к секвенированию, предпочтительно, обеспечивающих детектирование одиночных молекул НК.

Предпочтительными являются два последних варианта. Анализ опыта китайских компаний показал [6], что для удовлетворения собственных нужд страны целесообразно производство приборов для секвенирования на основе известных методов, однако для выхода на мировой рынок необходимо создание новых прорывных и оригинальных технологий.

Работа выполнена в ИАП РАН в рамках государственного задания № 075-00761-22-00 Министерства науки и высшего образования РФ.

#### Литература

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5316694/>

next-generation-sequencing-ngs-market-by. – Дата доступа: 18.09.2022.

2. Бородинов, А. Г. Поколения методов секвенирования ДНК (обзор) / А. Г. Бородинов, В. В. Манойлов, И. В. Заруцкий [и др.] // Научное приборостроение. – 2020. – Т. 30. – № 4. – С. 3–20.

3. Schmoch U., Rammer C., Legler H. // National Systems of Innovation in Comparison: Structure and Performance Indicators for Knowledge Societies, Dordrecht: Springer. – 2006. – 314 p.

4. Illumina [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.owler.com/company/illumina>. – Дата доступа: 18.09.2022.

5. Illumina [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.annreports.com/illumina/illumina-ar-2021.pdf>. – Дата доступа: 18.09.2022.

6. Афоничева, П. К. Опыт создания высокопроизводительного секвенатора в Китае / П. К. Афоничева, Д. А. Белов, Ю. В. Белов, А. А. Евстапов // VII международная конференция молодых ученых: биофизиков, биотехнологов, молекулярных биологов и вирусологов: в рамках площадки открытых коммуникаций OpenBio-2020, 2020. – С. 5–6.

УДК 621

## ОБЪЕКТИВ С ПЕРЕМЕННЫМ ФОКУСНЫМ РАССТОЯНИЕМ

Горячева В.А.

ФГБОУ «Тульский государственный университет»

Тула, Российская Федерация

**Аннотация.** Рассматривается примерная методика расчета объектива с переменным фокусным расстоянием. При этом этап синтеза автоматизирован, что упрощает расчет объектива с переменным фокусным расстоянием.

**Ключевые слова:** методика расчета, объектив с переменным фокусным расстоянием, телевизионная система, структурно-габаритный синтез.

### ZOOM LENS

Goryacheva V.

Tula State University

Tula, Russian Federation

**Abstract.** This article provides the suggested method of the zoom lens design. Besides, the synthetic stage is programmed, that is simplified the zoom lens design.

**Keywords:** design method, zoom lens, television system, structure-overall synthesis.

Адрес для переписки: Горячева В.А., просп. Ленина, 92, Тула 300012, Российская Федерация  
e-mail: [irina-goryacheva31@rambler.ru](mailto:irina-goryacheva31@rambler.ru)

**Введение.** Оптические системы широко применяются в различных сферах деятельности человека. При этом часто требуется иметь большое поле зрения для обзора широкой части просматриваемой территории, как например в камерах видеонаблюдения, и достаточное увеличение для распознавания наблюдаемых предметов, находящихся на больших расстояниях. Телевизионная система с объективом переменного фокусного расстояния способна выполнить все перечисленные выше требования. Но существует сложность

расчета таких систем, заключающаяся в сохранении высокого качества изображения во всем диапазоне изменения фокусных расстояний и освещенности.

Как правило, оптическая часть телевизионных систем проходит этапы проектирования, которые свойственны любым другим оптическим системам – синтез, анализ и оптимизация. Однако в настоящее время разработка объектива с переменным фокусным расстоянием является актуальной научной и практической задачей, поскольку нет

единых методов проектирования таких оптических систем – проектирование данных систем преимущественно основывается либо на поиске и выборе соответствующего аналога, либо на синтезе структурно-габаритной системы с использованием собственных разработанных методов, заимствование которых невозможно или связано с трудностями по ряду причин [1–3].

В некоторых работах отмечается, что именно этап синтеза исходной оптической системы является определяющим при проектировании оптических систем, в частности объектива с переменным фокусным расстоянием. Таким образом, проектирование объектива с переменным фокусным расстоянием можно успешно выполнить, найдя ее наиболее рациональную исходную схему.

**Метод решения задачи.** В работе [4] был предложен метод вариации параметров (МВП) для расчета объектива с переменным фокусным расстоянием на этапе синтеза. При этом синтез такого объектива был основан на гауссовой (параксиальной) оптике. Исходя из этого, имея в распоряжении автоматизированный синтез объектива с переменным фокусным расстоянием, можно составить примерную методику проектирования объектива с переменным фокусным расстоянием, представленный на рис. 1.

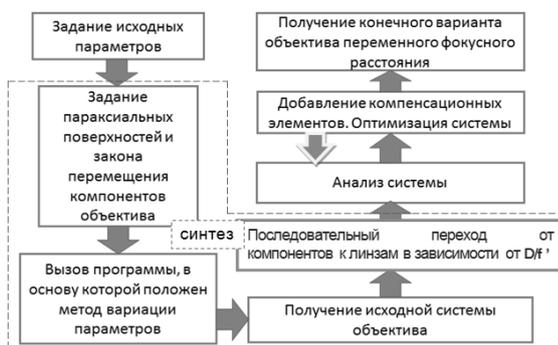


Рисунок 1 – Схема предлагаемой методики расчета объектива с переменным фокусным расстоянием

На основе МВП составлен макрос в программе расчета оптических систем, который позволяет рассчитать трех и четырех компонентный объектив переменного фокусного расстояния, компоненты которого представлены параксиальными линзами, при этом число подвижных компонентов при фиксированной длине системы для трехкомпонентного объектива может быть от 1 до 2-х, для четырехкомпонентного объектива – от 2-х до 3-х. Также в предложенном методе учитывается возможность задания минимальных габаритов, учитывая величину относительного отверстия  $D/f'$  каждого компонента системы.

**Результаты.** Так как полученный макрос позволяет автоматизировать этап синтеза объектива переменного фокусного расстояния, методика расчета такого объектива имеет следующий вид:

в программе расчета оптических систем добавляются четыре параксиальные линзы и составляется специальная табл. заданий, куда вводятся исходные данные; вызывается подпрограмма (в основу которой положен МВП), по завершении работы которой получаем исходную систему объектива, представленную параксиальными линзами. Далее каждая параксиальная линза заменяется на стандартную с учетом ее относительного отверстия – при относительном отверстии компонента  $D/f' < 0,7$ , он заменяется одной линзой или склейкой, при относительном отверстии компонента  $D/f' > 1$ , оптимальной заменой служат три одиночных линзы.

После завершения этапа синтеза последовательно проводится этап анализа – добавляются коррекционные элементы, также осуществляется переход от моделей стекол, заданных показателем преломления, к реальным математическим моделям стекол. После каждого этапа анализа проводится оптимизация, в итоге находится требуемая конфигурация оптической системы объектива с переменным фокусным расстоянием.

Таким образом был рассчитан четырехкомпонентный объектив с 20-ти кратным перепадом увеличения, имеющий следующие оптические характеристики: перепад фокусных расстояний  $f' = 15\text{--}300$  мм, относительное отверстие  $D/f' = 1:4$ , диапазон длин волн  $\lambda = 0,600\text{--}0,850$  мкм, поле зрения  $2\omega = 2,0^\circ\text{--}36^\circ 30'$ . Общая длина системы не превышает 220 мм, диаметр первой линзы менее 90 мм, рис. 2.

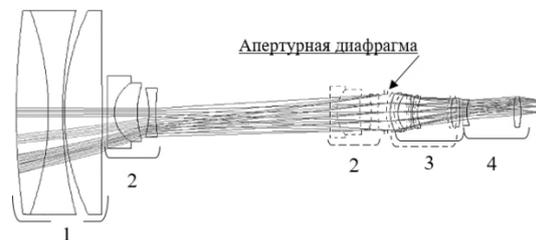


Рисунок 2 – Двадцатикратный объектив с переменным фокусным расстоянием, имеющий два подвижных компонента

Система состоит из четырех компонентов, первый, третий и четвертый положительные, второй – отрицательный. Второй и третий компоненты являются подвижными. В системе имеется 12 оптических деталей, не считая светофильтра. Система содержит две асферические линзы. Апертурная диафрагма регулируемая.

На рис. 3 и рис. 4 приведены графики частотно-контрастных характеристик (функции передачи модуляции), показывающие сохранение хорошего качества изображения во всем диапазоне перепада фокусного расстояния, при этом крайние поля заданы с запасом.

Таким образом, рассчитанный по предлагаемой методике объектив удовлетворяет требуемым

характеристикам телевизионной системы, имеющей малый размер пикселя.

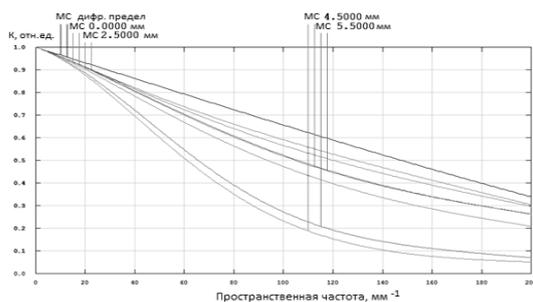


Рисунок 3 – График частотно-контрастной характеристики для исходной конфигурации системы

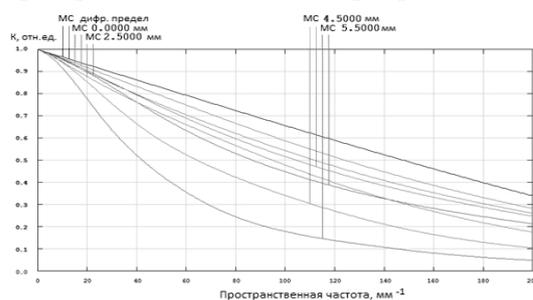


Рисунок 4 – График частотно-контрастной характеристики для конечной конфигурации системы

**Заключение.** В настоящей работе предложена методика расчета оптической системы объектива с переменным фокусным расстоянием на основе автоматизированного структурно-габаритного синтеза системы. Предлагаемая методика позволяет рассчитать трех- и четырехкомпонентную оптические системы объективов с переменным

фокусным расстоянием, с учетом количества подвижных компонентов при фиксированной длине системы и уменьшении габаритов. В результате разработки оптической схемы объектива по предложенной методике получен 20-ти кратный объектив переменного фокусного расстояния, удовлетворяющий требованиям телевизионной системы с малым размером пикселя, что показывает пригодность и работоспособность предлагаемой методики расчета оптической системы с объективом переменного фокусного расстояния.

Таким образом, предлагаемая методика облегчает работу расчетчика, обеспечивая автоматизированное нахождение исходной системы на этапе структурно-габаритного синтеза, что определяет возможность нахождения оптической системы с требуемыми параметрами.

#### Литература

1. Куртман, С. А. Методика автоматизированного синтеза панкратических объективов в тонких компонентах / С. А. Куртман, В. Г. Поспехов // Прикладная оптика : Сб. трудов IX междунар. конф. Санкт-Петербург. – 2010. – Т. 1, ч. 1. – С. 80–84.
2. Автоматизированный габаритный расчет варио-объективов / И. И. Пахомов [и др.] // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана, сер. Приборостроение. – 2010.
3. Бездидько, С. Н. Структурно-габаритный синтез исходных схем оптических систем / С. Н. Бездидько, А. Ф. Ширанков // Оптический журнал. – 2019. – Т. 86, № 9. – С. 17–24.
4. Горячева, В. А. Расчет оптических сил компонентов панкратического объектива в Zemax / В. А. Горячева // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – Вып. 6. – С. 143 – 146.

УДК 628.977

### ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СВОТТЕХНИЧЕСКИХ СЦЕНАРИЕВ В БИОДИНАМИЧЕСКИХ СВЕТИЛЬНИКАХ

Клявдо М.А., Савкова Е.Н.

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** Представлена техническая реализация биодинамического освещения в зависимости от его функционального назначения.

**Ключевые слова:** биодинамические светильники, освещение, блок управления.

### TECHNICAL IMPLEMENTATION OF LIGHTING SCENARIOS IN BIODYNAMIC LIGHTS

Klyavdo M., Saukova Y.

*Belarusian National Technical University  
Minsk, Republic of Belarus*

**Abstract.** The technical implementation of biodynamic lighting depending on its functional purpose is presented.

**Keywords:** biodynamic lights, lighting, controller.

*Адрес для переписки: Klyavdo M., Lilia karastonova st.17, Minsk 2200689, Republic of Belarus;  
Saukova Y., Nezavisimosty av. 65, Minsk 220113, Republic of Belarus  
e-mail: marinaklyavdo@mail.ru; savkova@bntu.by*