

УДК 535.317

ВЫБОР НА ОСНОВЕ АБЕРРАЦИОННЫХ, ГАБАРИТНЫХ И СТОИМОСТНЫХ КРИТЕРИЕВ СХЕМЫ АФОКАЛЬНОЙ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Протас О.Ю.⁽¹⁾, Юдин А.Н.⁽²⁾

*Инженер-исследователь 3 кат.⁽¹⁾, инженер исследователь 2 кат.⁽²⁾,
Федеральное космическое агентство РФ
ОАО «НПК «Системы прецизионного приборостроения»*

*Научный руководитель: А.В. Макаренко,
кандидат технических наук, руководитель сектора*

В работе представлен сравнительный анализ основных классов зеркальных и зеркально-линзовых телескопов, представляющих интерес для построения компактных и технологичных оптических систем приёмного канала лазерных локаторов и устройств оптической связи. Выработан подход к объединению абберрационных, габаритных и стоимостных характеристик в общий критерий качества.

Выбор оптической схемы является одним из ключевых этапов проектирования оптико-электронной системы, оказывающим существенное влияние на её технические, массогабаритные и экономические характеристики. Количество факторов, определяющих выбор той или иной схемы, как правило велико. К числу наиболее важных относятся:

- качество изображения, удовлетворяющего поставленным требованиям;
- работоспособность системы в заданных условиях окружающей среды;
- массогабаритные и стоимостные характеристики;
- доступность используемых оптических материалов;
- использование оптических деталей с высокой сложностью технологии изготовления (асферические поверхности, крупногабаритная линзовая оптика и т. п.).

В настоящее время следует отметить две важные тенденции в технологии производства среднегабаритных (диаметром 0.3-0.8 м) оптических систем:

1. Изготовление высокоточных асферических поверхностей остаётся трудоёмким и дорогостоящим процессом. Современные технологии автоматизированного формообразования, решая в целом задачу получения поверхности с малой общей ошибкой, в ряде случаев не обеспечивают хорошую поверхность с точки зрения микрошерховатостей.

2. Сокращение номенклатуры выпускаемых оптических стёкол, в сочетании с переориентацией ряда производств на непрерывные процессы стекловарения, делает изготовление крупногабаритных линз всё более дорогостоящим процессом. При этом производство крупных заготовок принимает характер индивидуального проекта.

Таким образом, выбор между системами с асферическими поверхностями без крупногабаритных линзовых элементов и зеркально-линзовыми системами с полноапертурными преломляющими элементами требует тщательно взвешенного принятия решений, в том числе и по технологическим соображениям. Ибо в ряде случаев возможно обеспечить взаимозаменяемость систем, по абберрационным и

габаритным параметрам.

Следует также отметить, что доступность приёмников излучения с высоким пространственным разрешением, расширение спектрального диапазона их работы ситуацию только усложняют. Кроме того, широкое распространение получают мультиспектральные оптико-электронные системы. Все это накладывает ряд повышенных требований, как к номинальному качеству изображения системы, так и к допустимому коридору отклонений ее конструктивных параметров в процессе работы, в том числе вследствие нестационарных тепловых явлений в оптических трактах.

В работе проанализированы следующие схемы оптических систем:

1. Система Мерсенна (предфокальная).
2. Система Максудова-Мерсенна.
3. Система Клевцова-Мерсенна.
4. Система Максудова-Мерсенна с корректором Клевцова.
5. Система Гамильтона-Мерсенна.
6. Система Гамильтона-Мерсенна с корректором Клевцова.
7. Система Волосова-Мерсенна.
8. Система Волосова-Мерсенна с корректором Клевцова.
9. Система Шмидта-Мерсенна.
10. Система Шмидта-Мерсенна с корректором Клевцова.

В результате проведенного анализа указанных схем, получены следующие результаты:

1. Показано, что применение ряда двухзеркальных катадиоптрических схем для случая афокальной системы сопряжено с затруднениями, связанными с ростом сферической аберрации высших порядков.

2. Показана перспективность применения корректора Клевцова в сочетании с полноапертурными линзовыми корректорами для синтеза систем, сочетающих высокий аберрационный потенциал с отсутствием асферических поверхностей. Особо следует отметить его ценность для коррекции хроматизма увеличения, что важно при создании широкодиапазонных и многоспектральных систем.

3. Продемонстрирована перспективность применения в системах лазерных локаторов и устройств оптической связи – афокальных зеркально-линзовых систем на основе зеркала Манжена (система Гамильтона-Мерсена и пр.).

Для наиболее интересных, в аберрационном плане, систем получены оценки их качества по параметрам:

- Жёсткость допусков на отклонение конструктивных параметров.
- Технологичность в изготовлении поверхностей и деталей.
- Устойчивость системы к изменению температуры внешней среды.

Выработан подход к выбору афокальной оптической мультиспектральной системы на основе аберрационных, габаритных и стоимостных критериев. Разработан ряд вариантов систем, представляющих практический интерес.

Список литературы

1. ZEMAX Optical Design Program User's Guide. 2009 г. <http://www.zemax.com/>
2. Михельсон Н.Н. Оптические телескопы. М., «Наука», 1976г.
3. Сокольский М.Н. Допуски и качество оптического изображения. Л.: Машиностроение, 1989.
4. Родионов С.А. Автоматизация проектирования оптических систем. Л.: Машиностроение, 1982 г.