

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕСЧЁТА МИКРООБЪЕКТИВОВ НА НОВЫЕ ПАРФОКАЛЬНЫЕ РАССТОЯНИЯ

Уварова А.В. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.т.н., доцент Бахолдин А.В.
(Университет ИТМО)

В настоящей работе представлены результаты исследования методик, приёмов и решений для расчёта и конструирования микрообъективов с улучшенными оптическими характеристиками и увеличенными механическими характеристиками.

Введение. Развитие микрообъективов ассоциируется с улучшением их оптических характеристик, которое ведёт к усложнению оптических схем. В критический момент увеличенные световые диаметры и новые вводимые компенсаторы перестают согласовываться с принятыми присоединительными размерами – и механические параметры начинают требовать смены своих значений. Именно такой процесс сейчас происходит с высотами объективов: переход от стандартных 45 мм к новым 60 мм. Новые парфокальные расстояния позволяют не только повысить технологичность конструкции конкретного объектива, но и улучшить комплекты благодаря замене отдельных объективов их улучшенными версиями. Таким образом, целесообразно рассмотреть вопрос пересчёта существующих схем микрообъективов на новые парфокальные расстояния.

Основная часть. Оптические системы проектируются в условиях ограничений, которые имеют математическую и конструкторскую природу. Инвариант Лагранжа-Гельмгольца, описывающий информационную ёмкость системы, устанавливает постоянство произведения передней числовой апертуры и величины изучаемого предмета: увеличение одной характеристики возможно только за счёт снижения другой. В качестве решения задачи увеличения линейного поля с сохранением угла апертурного луча может быть предложено физическое увеличение системы. Однако, такие действия над габаритами системы должны быть согласованы с конструкторскими ограничениями. Так, в ходе работы установлено, что для микрообъективов высотой 60 мм и присоединительной резьбой M27x0,75 (оптимальной для такой высоты) предельный продольный габарит оптики – 64 мм, предельный световой диаметр линз – 23 мм; предпочтительными же являются длина системы 58 мм, световые диаметры – не более 22 мм.

Часто увеличение продольных габаритов будет связано с улучшением качества изображения за счёт вводимых компенсаторов. На стадии расчёта оптики необходимо учесть требование по взаимозаменяемости объективов: они должны формировать комплект, согласованный не только механически, но и абберационно, поскольку они должны работать с одними окуляром и тубусной линзой. При проектировании особые сложности возникают с коррекцией хроматических aberrаций и кривизны изображения – которая особенно важна при переходе к большим полям. Объективы новых парфокальных расстояний должны быть рассчитаны как планы – то есть с плоским полем изображения. В ходе работы отмечено: если сложные системы высокоапертурных объективов заполняют отведенные габариты необходимыми линзами, то объективы малых увеличений могут использоваться без пересчёта – но могут быть и улучшены за счёт увеличения габаритов.

Экспресс-способ пересчёта объективов – методика масштабирования, применение которой проанализировано и уточнено в настоящей работе. Она включает в себя этапы подбора стартовой системы, выбора приемлемого коэффициента масштаба, проверки технологичности системы; затем – оптимизации системы под нужные оптические характеристики и коррекции aberrаций. Примером такого пересчёта служит микрообъектив с неизменными $f^*=50$ мм, $A=0,1$: увеличение линейного поля от 12 мм до 24 мм методикой масштабирования произошло

вместе с увеличением продольных габаритов системы с 44,8 мм до 62,1 мм, что удовлетворяет конструктивным ограничениям. Также при масштабировании произошло сокращение рабочего расстояния от 25,4 мм до 12,4 мм. Оценочная коррекция аберраций позволила приблизить качество изображения к дифракционному.

Выводы. В работе проанализированы особенности пересчёта микрообъективов на новые парфокальные расстояния. По результатам исследования, для модернизации объективов малых увеличений рекомендована методика масштабирования. Для сложных систем методика не желательна по причинам падения качества изображения, которое нельзя исправить коррекцией конструктивных параметров; нарушения взаимного расположения преломляющих поверхностей; недопустимого снижения рабочего расстояния: если смена рабочего расстояния условного объектива-поисковика от 20 мм до 10 мм не нарушает эргономику работы, то снижение рабочего расстояния от нескольких миллиметров до долей миллиметра у высокоапертурных объективов совершенно недопустимо. Следовательно, высокоапертурные объективы комплекта следует рассчитывать традиционными методами. Полученный с использованием масштабирования объектив $f^* = 50$ мм с увеличенным полем зрения укладывается в выработанные габаритные требования к объективам с высотой 60 мм. Таким образом, подтверждена состоятельность методики формирования комплектов объективов с упрощённой конструкцией и улучшенными оптическими характеристиками.

Уварова А.В. (автор)

Подпись

Бахолдин А.В. (научный руководитель)

Подпись