

УДК 535.07

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ ПАНКРАТИЧЕСКОГО ПРИЦЕЛА С ПРИМЕНЕНИЕМ ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ С ДИФРАКЦИОННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Стасилович В.А., Шишкин И.П., Шкадаревич А.П.

*Унитарное предприятие НТЦ «ЛЭМТ» БелОМО»  
Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** В статье представлены основные параметры влияющие на качество изображения создаваемое прицелом с оптическим элементов с дифракционной поверхностью, проведен анализ получаемого качества изображения панкратических прицелов с применением оптических элементов с применением дифракционных поверхностей. Представлен расчетный график результатов частотно-контрастной характеристики для прицелов без и с применением оптических элементов с дифракционной поверхностью.

**Ключевые слова:** оптический прицел, панкратическая система, частотно-контрастная характеристики, дифракционная поверхность.

## EVALUATION OF THE IMAGE QUALITY OF A PANCRATIC SIGHT USING OPTICAL ELEMENTS WITH A DIFFRACTION SURFACE

Stasilovich V., Shishkin I., Shkadarevich A.

*Unitary Enterprise STC «LEMT» of the BelOMO  
Minsk, Republic of Belarus*

**Annotation.** The article presents the main parameters affecting the image quality created by the sight with optical elements with a diffraction surface, the analysis of the resulting image quality of pancratic sights with the use of optical elements with the use of diffraction surfaces. A calculated graph of the results of contrast transfer function for sights without and with the use of optical elements with a diffraction surface is presented

**Key words:** optical sight, pancratic system, contrast transfer function, diffraction surface.

*Адрес для переписки: Стасилович В.А. Макаёнка 23, Минск 220114, Республика Беларусь  
e-mail: stasilovich19@gmail.co*

Высокоточная стрельба из снайперского оружия стала возможной благодаря прогрессу в развитии высокоточного снайперского оружия. Такая стрельба позволяет производить выстрелы с угловыми расстояниями друг относительно друга не более 0,5'. Для такой стрельбы применяются специально отобранные боеприпасы, которые будут иметь незначительные отличия в баллистиках.

При такой стрельбы от стрелка требуется высокая концентрация на изображении и крайне важно, чтобы напряжение при рассматривании изображения было минимальным или отсутствовало вовсе, т. е. изображение, поступающее к стрелку, имело высокое качество. Таким качеством обладают прицелы с изображением, имеющим высокий контраст мельчайших элементов, сопоставимых с угловыми размерами отдельных элементов цели, иными словами прицелы с высокой частотно-контрастной характеристикой (ЧКХ).

Расчет панкратических прицелов с такими характеристиками сложная и кропотливая задача. Применения специальных компьютерных программ для расчета оптических систем позволяет упростить процесс создания такой оптической системы, однако ограниченность, возникающая при применении стекол только оптическими параметрами, которые вносят другие искажения, не способны в полной мере решить проблемы создания оптической системы с качеством оптического изображения близкому к дифракционному.

Причем точности размеров для оптических элементов достигают высоких требований к значениям параметров. Требуются высокие требования к толщине оптических элементов, где они достигают величин  $\pm 0,05$  мм и меньше. Для параметра децентрировки оптического элемента относительно оптической оси требуются величины до  $\pm 0,03$  мм – для неподвижных элементов и до  $\pm 0,005$  мм для подвижных элементов панкратической системы.

Технологические нюансы изготовления прицелов обусловлены оптимизацией изготовления оптических и механических деталей, процесса сборки и юстировки, а также контроля качества. При этом создание технологичного прицела начинается во время разработки и конструирования прицела с учетом имеющегося оборудования обработки и контроля деталей, узлов и всего прицела в целом. Особая роль отводится выбору способа крепления деталей, оптимизации механических процессов нанесения как оптических, так и механических покрытий, а также обеспечения чистоты поля зрения и отсутствия осыпки на всех оптических элементах прибора. Однако вопрос высокого качества изображения оптических прицелов решается не только децентрировкой и наклоном оптических элементов относительно общей оптической оси, но также применением высококачественного стекла, высокой точности обработки оптических элементов, соответствие

положения оптических элементов панкратической системы расчетному при изменениях увеличения [1]. Для выполнения задачи построения высококачественного изображения требуется применять стекла с оптическими параметрами достигающими первой категории показателя преломления и коэффициента дисперсии, а поверхности таких оптических элементов должны иметь допусковую сферичность –  $N$  не более 3 и поле допуска формы –  $\Delta N$  не более 0,3.

Изготовление таких оптических элементов весьма дорогостояще и трудозатратно, особенно для оптических элементов больших габаритных размеров – более 40 мм в диаметре, а также требует применения сложных и продолжительных технологических процессов при изготовлении оптической системы – индивидуальный пооперационный контроль параметров оптических элементов и специальные способы установки оптических элементов в корпус оптической системы.

Однако даже при соблюдении всех параметров – качество изображения на больших увеличениях не будет достигать дифракционных пределов.

Одним из путей решения данной проблемы является применение при расчете оптических систем элементов с дифракционными поверхностями [2]. Расчетные параметры ЧКХ для панкратических прицелов 5–25 без и с применением оптического элемента с дифракционной поверхностью представлены на рис. 1.

На рис. 1 показаны графики панкратических прицелов при увеличении изображения 25 крат по оптической оси прицела. Из графиков прекрасно

видно, что применение дифракционного элемента позволяет повысить контраст изображения панкратического прицела в 1,5–2 раза при разрешающей способности 1–2 штр/мрад.

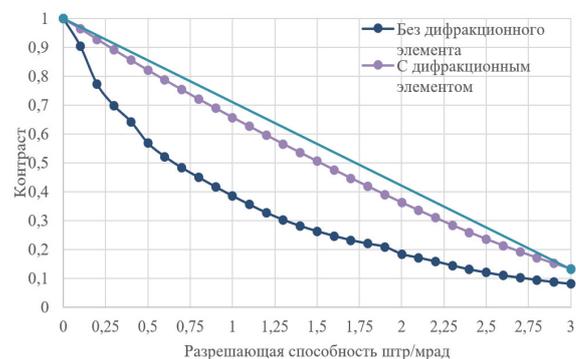


Рисунок 1 – Графики панкратических прицелов при увеличении изображения 25 крат по оптической оси прицела

#### Литература

1. Заварзин, В. А. Оптический прицел переменного увеличения / В. А. Заварзин // Вестник московского государственного технического университета им. Баумана. Серия «Приборостроение». – 2009. – С. 11–21.
2. Степанов, С. А. Компьютерный расчет оптических систем в области аббераций высших порядков // Компьютерная оптика / С. А. Степанов, Г. И. Грейсух // Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева» (Самарский университет). – 1996. – С. 9–12.

УДК 628.938, 628.981

### СВЕТОДИОДНЫЕ МОДУЛИ ДЛЯ СТАНДАРТНЫХ ИСТОЧНИКОВ ДНЕВНОГО СВЕТА СЕРИИ «D»

Цвирко В.И., Острцов Е.Ф., Трофимов Ю.В., Лишик С.И.

Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси  
Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** Представлены результаты моделирования и исследований источников света, со спектрами близкими к стандартным осветителям серии «D». В качестве исходных излучателей были использованы коммерческие светодиоды в комбинации с люминофорными композициями. Разработан и исследован экспериментальный образец светодиодного модуля, близкий к стандартному осветителю D65, который может быть использован для контроля цвета в промышленности.

**Ключевые слова:** светодиод, люминофор, стандартный осветитель серии «D», индекс цветопередачи.

### LED MODULES FOR STANDARD DAYLIGHT "D" SERIES ILLUMINANTS

Tsvirka V., Ostretsov E., Trofimov Y., Lishik S.

SE «Center of LED and Optoelectronic Technologies of National Academy of Sciences of Belarus»  
Minsk, Republic of Belarus

**Abstract.** The results of modeling and research of light sources with spectra similar to standard "D" series illuminants are presented. Commercial light-emitting diodes in combination with phosphor compositions were used as initial emitters. An experimental sample of the LED module, close to the standard D65 illuminant, has been developed and studied, which can be used for color control in industry.

**Key words:** LED, phosphor, standard "D" series illuminant, color rendering index.

Адрес для переписки: Цвирко В.И., Логойский тракт, 20, Минск 220090, Республика Беларусь  
e-mail: vitalii.tsvirko@gmail.com