

Таблиця 1

$D_{\text{отв}}, \text{м}$		0,4	0,8	1,6	2,0	
$n$ , шт.	1	$ \Delta E $ , %	3,3	6,4	20	37
	2		1,7	3,3	11	23
	4		1,2	1,9	5,9	16
	8		1,1	1,8	2,9	8,7
	16		1,1	1,8	1,5	5,0

Отже, для  $D_{\text{отв}}=2,0$  м (для півкулі) при  $n=8$   $|\Delta E|=8,7$  %, а при  $n=16$   $|\Delta E|=5$  %.

Наведено множини графіків залежності  $|\Delta E|$  від  $D_{\text{отв}}$ , та  $n$ , графіки  $n$  якої містять значення  $|\Delta E|$  з табл.1, та графік  $\kappa=2$  з попередньої доповіді. Наочне порівняння їх свідчить про перевагу розміщення ДС біля вихідного отвору ФК.

Таким чином, конструкція ФК з рівномірними (ізотропними) ДС навколо її ВО краща за конструкцію ФК з такими ДС в її центрі. Проте конструкція ФК, що має ДС з вузькою діаграмою направленості (ДН) навколо її ВО, може бути ще кращою. Тому виконано розрахунок для  $n=4$ ,  $D_{\text{отв}}=1,99$  м і ламп розжарення з еліптичним дзеркальним відбивачем, що мають вузьку ( $40^\circ$  на рівні 0,5) ДН. В результаті одержано  $|\Delta E|=6$  %, що підтверджує припущення про кращу конструкцію ФК, тому що в табл.1 при  $n=4$   $|\Delta E|\leq 6$  % тільки за  $D_{\text{отв}}\leq 1,6$  м, а при  $D_{\text{отв}}=2$  м  $|\Delta E|=16$  %. За умови, що пропорція між значеннями  $|\Delta E|$  з табл.1 при  $D_{\text{отв}}=2$  м та  $n=4$  і  $n=16$  буде збережена також для ДС з вузькою ДН, можливе одержання при  $n=16$   $|\Delta E|\approx 6 \cdot 5/16=1,9$  %.

Показано, що результати розрахунків узгоджуються з результатами фактичних вимірювань.

*Ключові слова:* фотометрична куля, півкуля, внутрішня поверхня, нерівномірність освітленості, джерело світла, діаграма направленості.

УДК 535.317

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА КАЧЕСТВО ИЗОБРАЖЕНИЯ ИНФРАКРАСНЫХ ДИОПТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТИВОВ

*Муравьев А.В.*

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»,  
г.Киев, Украина  
stals98@ukr.net*

Оптические и оптико-электронные приборы, работающие в инфракрасном (ИК) диапазоне спектра, могут эксплуатироваться в различных условиях окружающей среды. Для наземных ИК систем рабочий температурный диапазон согласно эксплуатационным требованиям находится в пределах от  $-50$  до  $60^\circ\text{C}$ . Однако диапазон изменения температуры для приборов, работающих в космосе, может составлять несколько сотен градусов. В последнее время все более широкое распространение получают системы дистанционного

зондирования Земли (ДЗЗ), снимки с которых используются для решения широкого спектра задач, таких как экологический и сельскохозяйственный мониторинг, анализ климатических изменений, поиск полезных ископаемых и картографирование. ИК объективы, входящие в состав приборов ДЗЗ, как правило, расположены за пределами термостабилизированного корпуса космического аппарата. Здесь наблюдается значительный перепад температур, отсутствие атмосферного давления, изменение показателя преломления окружающей среды. Изменение этих эксплуатационных факторов приводит к изменению конструктивных параметров оптической системы, а именно радиусов кривизны оптических поверхностей, осевых расстояний и диаметров оптических компонентов. Это, в свою очередь, приводит к изменению заднего фокального отрезка фокусирующей системы и, как следствие, увеличению уровня аберраций, изменению размера кружка рассеяния в фокальной плоскости и ухудшению качества изображения системы в целом. Кроме того, происходит деформация оправ оптических компонентов, а также деталей несущей конструкции.

Целью данного исследования является анализ влияния эксплуатационных факторов на изменение качества изображения типичных диоптрических ИК объективов разных конструкций, которые применяются в оптических приборах космического и наземного базирования при наличии сложных условий окружающей среды. Для анализа работы оптических систем в отмеченных условиях использовались программы Zemax и SolidWorks, что позволило оценить влияние данных факторов на пространственно-частотные и энергетические характеристики ИК объективов, подтвердить существенность влияния температуры на качество их изображения и установить основные факторы, приводящие к ухудшению качества изображения ИК фокусирующих узлов под действием изменения температурных полей.

*Ключевые слова:* инфракрасный объектив, условия эксплуатации, качество изображения.

УДК 535.8

## ИЗМЕРЕНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ ФОРМЫ ОБЪЕКТОВ ТЕНЕВЫМ МЕТОДОМ В ЦИФРОВОМ ОПТИЧЕСКОМ МИКРОСКОПЕ

*Фесенко А.В., Боровицкий В.Н.*

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»,  
г. Киев, Украина*

Рассматривается математический аппарат, который описывает процесс измерения трехмерной формы объектов в оптическом микроскопе теневым методом. Особенность этого теневого метода заключается в том, что перед исследуемым объектом устанавливается экран, имеющий прямую, острую и ровную кромку.