Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет геосистем и технологий»
(СГУГиТ)

И. В. Парко, Е. Г. Бобылева

ПРИКЛАДНАЯ ОПТИКА

ОБЪЕКТИВЫ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Учебный справочник для обучающихся по направлениям
подготовки 12.03.02 Оптотехника, 12.03.01 Приборостроение
(уровень бакалавриата)

Новосибирск
СГУГиТ
2026

УДК 681.7.067.2(035)
П182

Рецензенты: кандидат технических наук, начальник управления конструирования АО «Новосибирский приборостроительный завод» *В. Л. Парко*

кандидат технических наук, доцент кафедры оптики, фотоники и приборостроения СГУГиТ *М. В. Чесноков*

Парко, И. В.

П182 Прикладная оптика. Объективы телескопических систем : учебный справочник / И. В. Парко, Е. Г. Бобылева. – Новосибирск : СГУГиТ, 2026. – 24 с. – Текст : непосредственный.

Учебный справочник подготовлен старшими преподавателями И. В. Парко и Е. Г. Бобылевой на кафедре оптики, фотоники и приборостроения СГУГиТ.

Данное учебное издание содержит общие требования к объективам телескопических систем, анализ конструктивных параметров двухкомпонентных объективов с учетом особенностей их работы, рекомендации по выбору объектива по исходным данным.

Учебный справочник по дисциплине «Прикладная оптика» предназначен для обучающихся по направлению подготовки 12.03.02 Оптотехника (уровень бакалавриата), а также может быть использован для обучающихся по направлению подготовки 12.03.01 Приборостроение (уровень бакалавриата).

Рекомендован к изданию кафедрой оптики, фотоники и приборостроения, Ученым советом факультета инженерии оптических и специальных систем СГУГиТ.

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГУГиТ

УДК 681.7.067.2(035)

© СГУГиТ, 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 4
1. Общие требования к телескопическим объективам оптических систем . 5
2. Конструктивные параметры телескопических объективов 8
3. Допуски на величины объективов телескопических систем 9
Заключение 10
Библиографический список 11
Приложение 12

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий учебный справочник предназначен для обучающихся факультета инженерии оптических и специальных систем, выполняющих расчетно-графические, курсовые и выпускные квалификационные работы по дисциплинам «Прикладная оптика», «Основы проектирования и конструирования», «Методы расчета оптических систем», «Моделирование и расчет оптических систем», «Современные методы проектирования оптических и оптико-электронных приборов», «Теоретические основы оптико-электронных приборов и систем», «Типовые конструкции оптических приборов» [1].

В ходе проектирования оптической схемы прибора важную роль играет переход от габаритного расчета исходной базовой схемы к конкретным оптическим элементам, поэтому необходимо иметь широкий выбор оптических компонентов и сборочных единиц, хорошо изученных, технологически отработанных и широко применяющихся. Однако оптические системы могут иметь характеристики, отличающиеся от полученных в результате габаритного расчета. Возникают определенные трудности по выбору готовых оптических элементов, оценки качества их изображения [1].

Учебный справочник дает рекомендации по правильному выбору и использованию известных телескопических объективов оптических приборов и систем.

В учебный справочник включены: анализ характеристик двухкомпонентных объективов с учетом особенностей их работы; рекомендации по выбору готовой композиции линз; рекомендации по конструированию телескопических объективов оптических систем; сведения об отдельных телескопических объективах с указанием их конструктивных характеристик, приведенных в приложении [2].

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТЕЛЕСКОПИЧЕСКИМ ОБЪЕКТИВАМ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Объективом называется часть оптической системы, располагаемая со стороны объекта наблюдения и служащая для построения действительного перевернутого изображения на конечном расстоянии, т. е. в его задней фокальной плоскости. Объектив – это основная часть прибора, и от его качества зависит качество получаемого изображения [3].

По функциональному назначению объективы классифицируются на группы:

– объективы телескопических систем;

– объективы фотографические (проекционные);

– объективы микроскопов.

Объективы телескопических систем, строящие изображение бесконечно удаленного объекта на конечном расстоянии, могут быть линзовыми, зеркальными и зеркально-линзовыми (катодиоптрическими) [4].

Основными характеристиками объектива являются:

– заднее фокусное расстояние $f'_{об}$, мм;

– угловое поле в пространстве предметов 2ω, град;

– диаметр входного зрачка $D_р$, $D_{об}$, мм;

– относительное отверстие объектива $D/f'_{об}$, определяющее его светосилу;

– предел разрешения объектива ψ, угл. с.

Объективы делают обычно очень простыми (склеенными из двух линз или разделенными воздушным промежутком). Если диаметр двухлинзового объектива превышает 60–70 мм, то линзы не склеивают. Схема телескопического объектива (дублета) представлена на рис. 1.

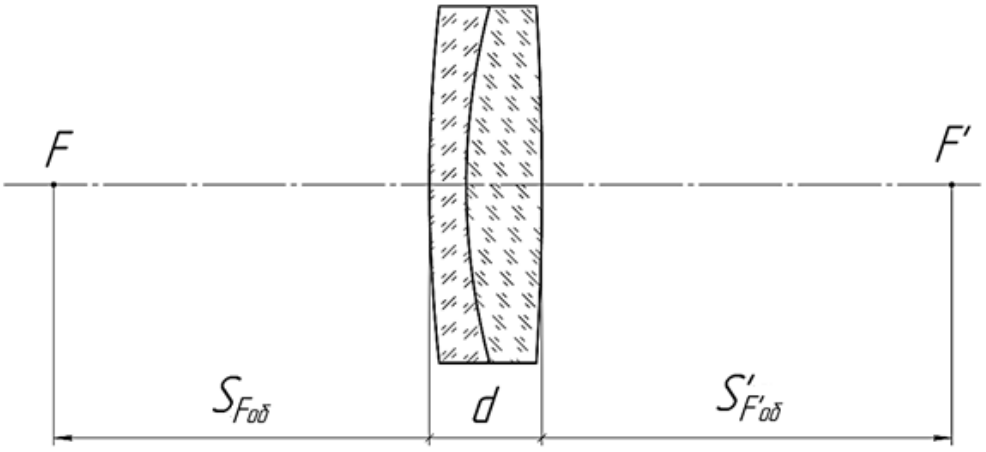


Рис. 1. Схема двухкомпонентного объектива

В системах, к которым предъявляются особые требования по качеству изображения, например, астрономических приборах, применяют зеркально-линзовые или зеркальные объективы.

Самая распространенная конструкция телескопических объективов применяется в зрительных трубах различных приборов. Как правило, это оправа, в которой закрепляется двухкомпонентная склейка методом завальцовки либо с помощью зажимного кольца [5].

Величина отрезка $S'_{F'_{\text{об}}}$ определяет возможность размещения сетки, призмы и т. д.

В двухлинзовом объективе одна из линз имеет «положительную» оптическую силу (материал – стекло типа крон, обладающее малой дисперсией), другая линза имеет «отрицательную» оптическую силу (материал – стекло типа флинт с большой дисперсией).

Простая конструкция объектива при исправленных сферической аберрации и хроматизме позволяет получить хорошее качество изображения. Практика показывает, что для таких объективов продольная сферическая аберрация составляет 0,1–0,2 % фокусного расстояния при относительных отверстиях, не превышающих 1 : 4 и угловых полях $2\omega \leq 6°$. При конструкции «крон впереди» угол поля зрения составляет от 8–11° и до 15° – при конструкции «флинт впереди».

Входной зрачок объектива обычно совмещают с оправой, т. е. с первой поверхностью, или выносят вперед на расстояние до $0,7\,f'_{\text{об}}$. Так как глаз

наблюдателя не замечает падения освещенности рассматриваемого изображения на 50 %, то в визуальных телескопических приборах допустимо виньетирование ширины наклонного пучка лучей, следовательно, уменьшаются световые диаметры последующих за объективом компонентов.

В несклеенном объективе большие потери на отражение, выше вероятность появления паразитных бликов, имеются трудности при сборке и центрировке. Но, с другой стороны, наличие воздушного промежутка между линзами дает возможность при юстировке получить заданное значение фокусного расстояния всего объектива.

2. КОНСТРУКТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКИХ ОБЪЕКТИВОВ

Форма линз объектива обеспечивается конструктивными параметрами (радиусами кривизны, толщиной вдоль оптической оси, показателями преломления материалов, из которых изготовлены линзы) и влияет на коррекцию сферической аберрации. Подбором марок стекол объектива можно повлиять на другие аберрации (кому, дисторсию и т. д.).

Основными параметрами линзы являются:

– радиус кривизны поверхности r, мм;

– толщина по оптической оси d, мм;

– материал (марка, показатель преломления n_e).

3. ДОПУСКИ НА ВЕЛИЧИНЫ ОБЪЕКТИВОВ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКИХ СИСТЕМ

После выбора и окончательного расчета объектива телескопической системы производится оценка технологичности изготовления отдельных компонентов. Для этого составляется таблица влияния параметров системы на аберрации, и из нее устанавливаются допустимые отклонения от номинальных значений радиусов, толщин линз, воздушных промежутков и констант марок стекол. Одновременно устанавливаются требования к материалу заготовки. На предварительном этапе расчета исходя из практики изготовления объектива можно назначить (табл. 1 и 2) рекомендуемые величины допусков [6].

Таблица 1. Требования к материалу оптических деталей объективов

Оптическая деталь	Δn_e	$\Delta(n_{F'} - n_{C'})$	Однородность	Двойное лучепреломление	Ослабление	Бессвильность	Пузырность
Линза объектива	2А	2А	2–3	2–3	2–3	1Б	15;25–16;26

Таблица 2. Допуски на изготовление оптических деталей объективов

Оптическая деталь	Класс точности пробного стекла по ГОСТ 2786–82 [7]	Допуски на пробное стекло (число колец или полос)		Допуск на толщину, мм	Допуск на децентрировку, мм
		N	ΔN		
Линза	2	2–3	0,2–0,5	0,2–0,3	0,01–0,05

На фокусные расстояния устанавливаются следующие допуски: на отдельные линзы ±0,5 %; на склеенные линзы ±1,0 %; на объектив ±1 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Объектив, являясь первым компонентом в оптической схеме, выбирается, рассчитывается и конструируется таким образом, чтобы при необходимости за ним можно было расположить призму, сетку, диафрагму и др. Улучшение оптических характеристик объектива приводит к его усложнению, т. е. объектив становится многокомпонентным, следовательно, повышаются требования к остаточным аберрациям объектива. Однако широкое применение в практике нашли склеенные двухкомпонентные объективы, у которых исправлены аберрации: сферическая, хроматизм и астигматизм. Часть вопросов решается выносом входного зрачка перед объективом.

Весь порядок изложения предлагаемого материала определяется теми этапами, которые последовательно проходит обучающийся (разработчик) при расчете и проектировании оптического прибора и системы: от формулировки задачи в виде исходных данных объектива до ее практической реализации в виде габаритного и аберрационного расчета с анализом качества получаемого изображения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Прикладная оптика. Окуляры оптических систем : учебное пособие / И. В. Парко, Е. Г. Бобылева. – Новосибирск : СГУГиТ, 2025. – 43 с.

2. Справочник конструктора оптико-механических приборов / В. А. Панов, М. Я. Кругер, В. В. Лагин [и др.] ; под общ. ред. В. А. Панова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1980. – 742 с.

3. Половцев И. Г., Симонова Г. В. Оптическое приборостроение : учебное пособие / под ред. И. В. Самохвалова. – Томск : Томский государственный университет, 2004. – 400 с.

4. ГОСТ 7427–76. Геометрическая оптика. Термины, определения и буквенные обозначения. – М. : Изд-во стандартов, 1988. – 17 с.

5. Заказнов Н. П., Кирюшин С. И., Кузичев В. Н. Теория оптических систем : учебник для студентов приборостроительных специальностей вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1992. – 448 с.

6. Справочник технолога-оптика : к изучению дисциплины / М. А. Окатов, Э. А. Антонов, А. Байгожин ; ред. М. А. Окатов. – 2-е изд., испр. и доп. – Спб. : Политехника, 2004. – 679 с.

7. ГОСТ 2786–82. Стекла пробные для проверки радиусов и формы сферических оптических поверхностей. Технические условия. – М. : Изд-во стандартов, 1998. – 12 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П.1. Конструктивные параметры двухкомпонентных объективов телескопических систем

Номер	Заднее фокусное расстояние $f'_{об}$, мм	Относительное отверстие 1 : к**	Угол поля зрения 2ω, градус	Толщина по оси и марка стекла линзы		Входной зрачок *D*, мм	Радиус кривизны			Передний фокальный отрезок $S_{F_{об}}$, мм	Задний фокальный отрезок $S'_{F'_{об}}$, мм
				d_1, мм	d_2, мм		r_1, мм	r_2, мм	r_3, мм		
1	22,68	1 : 4,07	10,00	3,00 К8	2,00 ТФ1	5,6	19,100	–7,50	–18,00	–20,83	21,18
2	24,98	1 : 2,89	16,50	0,83 ТФ1	3,29 К8	8,5	23,760	9,14	–18,38	–23,28	23,94
3	32,48	1 : 3,00	10,00	2,00 ТФ1	4,00 К8	10,5	32,960	11,58	–22,18	–29,98	30,97
4	36,01	1 : 7,19	8,00	0,80 Ф1	2,00 БК8	5,0	18,880	8,95	–203,20	–35,97	34,26
5	39,60	1 : 2,21	22,00	1,50 ТФ1	8,00 К8	18,0	17,185	10,18	∞	–40,07	32,96
6	43,16	1 : 3,00	10,00	2,50 ТФ1	5,00 К8	14,0	43,650	15,34	–29,58	–40,06	41,27
7	44,86	1 : 2,52	20,00	1,50 ТФ1	7,00 К8	18,0	24,510	13,06	–82,00	–43,70	40,34
8	45,13	1 : 3,70	20,00	1,50 Ф2	3,20 К8	1,2	26,060	19,37	–140,60	–44,84	42,36
9	48,74	1 : 4,10	16,50	1,50 Ф1	3,50 К8	12,0	36,31	13,00	–45,39	–47,28	46,90
10	50,03	1 : 2,45	20,00	1,70 ТФ1	7,00 К8	20	47,32	18,2	–36,81	–46,41	47,81
11	51,83	1 : 2,56	20,00	1,70 ТФ1	7,00 К8	20	47,32	18,2	–38,81	–48,29	49,53

Продолжение табл. П.1

Номер	Заднее фокусное расстояние $f'_{об}$, мм	Относительное отверстие 1 : к**	Угол поля зрения 2ω, градус	Толщина по оси *d*, мм, и марка стекла линзы		Входной зрачок *D*, мм	Радиус кривизны			Передний фокальный отрезок $S_{F_{об}}$, мм	Задний фокальный отрезок $S'_{F'_{об}}$, мм
				d_1, мм	d_2, мм		r_1, мм	r_2, мм	r_3, мм		
12	53,67	1 : 5,42	10,00	1,20 ТФ1	3,20 К8	10,0	30,62	13,459	–69,84	–52,92	51,54
13	54,89	1 : 1,80	9,50	3,14 ТФ1	8,37 К8	28,0	31,234	26,705	–210,24	–54,41	47,85
14	59,12	1 : 4,27	14,00	1,50 Ф4	3,00 КФ6	14,0	28,77	14,42	–132,43	–58,93	56,36
15	59,93	1 : 3,88	8,00	4,00 К8	1,50 ТФ1	15,5	36,30	–24,20	–80,50	–59,08	57,19
16	64,96	1 : 3,54	16,00	2,00 ТФ1	5,00 К8	18,5	31,700	16,904	–190,110	–64,78	60,59
17	65,00	1 : 3,54	16,00	2,00 ТФ1	5,00 К8	18,5	31,706	16,896	–190,222	–64,82	60,63
18	65,03	1 : 3,32	13,00	2,00 Ф4	6,00 К8	20,0	43,05	17,54	–70,80	–63,05	61,70
19	68,84	1 : 3,20	4,48	2,00 ТФ1	6,00 К8	21,5	36,39	19,055	–139,32	–68,10	64,34
20	74,01	1 : 3,52	26,00	1,50 Ф1	5,50 КФ6	21,0	43,52	22,20	–108,60	–72,78	70,57
21	79,24	1 : 5,10	12,00	4,50 К8	2,00 Ф1	20,0	44,60	–33,30	–152,70	–78,58	75,65
22	79,97	1 : 4,00	12,00	5,50 К8	2,80 ТФ1	20,0	53,20	–32,10	–91,80	–78,15	76,38
23	80,17	1 : 3,33	16,00	1,88 Ф1	5,46 КФ6	23,6	64,047	84,585	–115,383	–78,62	76,85

Продолжение табл. П.1

Номер	Заднее фокусное расстояние $f'_{об}$, мм	Относительное отверстие 1 : к**	Угол поля зрения 2ω, градус	Толщина по оси *d*, мм, и марка стекла линзы		Входной зрачок *D*, мм	Радиус кривизны			Передний фокальный отрезок $S_{F_{об}}$, мм	Задний фокальный отрезок $S'_{F'_{об}}$, мм
				d_1, мм	d_2, мм		r_1, мм	r_2, мм	r_3, мм		
23	80,17	1 : 3,33	16,00	1,88 Ф1	5,46 КФ6	23,6	64,047	84,585	–115,383	–78,62	76,85
24	89,82	1 : 4,10	10,22	2,20 ТФ1	6,00 К8	22,0	43,90	23,25	–254,60	–89,54	84,77
25	95,23	1 : 3,50	9,50	3,00 ТФ1	8,00 К8	27,0	48,98	25,53	–209,90	–94,46	88,81
26	96,22	1 : 4,00	8,50	3,00 Ф2	6,00 К8	24,0	54,20	25,18	–172,98	–95,23	91,31
27	96,24	1 : 4,00	8,50	3,00 Ф2	6,00 К8	24,0	54,165	25,149	–173,33	–95,26	91,34
28	96,30	1 : 4,00	8,50	3,00 Ф2	6,00 К8	24,0	54,20	25,12	–172,98	–95,32	91,40
29	99,11	1 : 4,91	15,00	1,15 Ф1	5,36 К8	20,3	54,50	25,04	–187,07	–98,22	95,72
30	99,11	1 : 8,34	3,50	0,95 Ф1	1,90 К8	11,9	46,02	23,43	–591,80	–99,20	97,19
31	99,12	1 : 3,98	14,00	1,26 Ф1	5,30 К8	12,0	54,548	25,102	–187,193	–98,25	95,68
32	99,12	1 : 7,52	7,00	1,77 Ф1	4,26 К8	13,2	59,21	26,24	–148,52	–98,17	96,12
33	99,14	1 : 3,00	19,00	1,93 Ф2	9,65 К8	33,2	51,22	24,868	–248,274	–98,04	92,59
34	99,19	1 : 4,19	20,00	1,98 Ф1	5,93 К8	23,7	51,46	26,39	–278,28	–98,69	–94,52
35	99,22	1 : 4,25	16,00	1,50 Ф1	5,00 К8	23,5	58,88	26,24	–151,05	–98,13	96,05

Продолжение табл. П.1

Номер	Заднее фокусное расстояние $f'_{об}$, мм	Относительное отверстие 1 : к**	Угол поля зрения 2ω, градус	Толщина по оси *d*, мм, и марка стекла линзы		Входной зрачок *D*, мм	Радиус кривизны			Передний фокальный отрезок $S_{F_{об}}$, мм	Задний фокальный отрезок $S'_{F'_{об}}$, мм
				d_1, мм	d_2, мм		r_1, мм	r_2, мм	r_3, мм		
36	99,22	1 : 6,34	7,00	1,43 Ф1	2,49 К8	15,7	59,42	26,36	–149,25	–98,67	97,22
37	99,23	1 : 4,96	9,00	1,48 Ф1	3,55 К8	20,1	53,00	25,24	–218,65	–98,82	96,37
38	99,23	1 : 4,84	7,00	1,78 Ф1	4,27 К8	20,6	59,27	25,29	–148,86	–98,28	96,22
39	99,23	1 : 6,41	9,67	1,52 Ф1	2,74 К8	15,51	58,36	26,25	–157,08	–98,67	97,01
40	99,23	1 : 3,68	20,00	2,08 Ф1	8,33 К8	27,4	54,47	24,80	–183,40	–97,83	93,75
41	99,24	1 : 7,10	5,00	1,33 Ф1	2,33 К8	14	58,16	26,28	–159,42	–98,78	97,33
42	99,27	1 : 3,00	19,00	2,00 Ф1	9,70 К8	33,20	51,29	24,89	–248,30	–98,16	92,63
43	99,29	1 : 3,34	5,00	6,10 К8	2,10 Ф1	30,00	86,60	–32,50	–85,10	–98,12	93,30
44	99,88	1 : 6,56	10,67	0,80 Ф1	2,30 К8	15,30	71,14	25,14	–97,69	–99,01	98,73
45	99,88	1 : 2,49	2,50	10,10 К8	2,50 ТФ1	40,00	60,40	–44,80	–143,40	–98,14	93,30
46	99,93	1 : 2,30	24,00	3,69 ТФ1	19,66 К8	44,24	42,975	25,021	∞	–101,13	83,60
47	99,94	1 : 2,50	10,00	3,33 ТФ1	15,55 К8	40,00	54,61	29,10	–182,60	–97,36	89,90
48	99,94	1 : 3,80	11,00	5,70 К8	1,90 Ф1	26,30	59,00	–42,30	–146,30	–98,94	95,99

Продолжение табл. П.1

Номер	Заднее фокусное расстояние $f'_{об}$, мм	Относительное отверстие 1 : к**	Угол поля зрения 2ω, градус	Толщина по оси *d*, мм, и марка стекла линзы		Входной зрачок *D*, мм	Радиус кривизны			Передний фокальный отрезок $S_{F_{об}}$, мм	Задний фокальный отрезок $S'_{F'_{об}}$, мм
				d_1, мм	d_2, мм		r_1, мм	r_2, мм	r_3, мм		
49	99,96	1 : 4,58	17,00	1,56 Ф4	3,89 К8	21,90	53,671	26,24	–205,45	–99,47	96,91
50	99,97	1 : 4,50	2,50	2,27 ТФ1	4,16 К8	22,30	49,62	26,17	–264,09	–99,86	95,94
51	99,97	1 : 4,87	4,00	1,30 Ф4	3,70 К8	20,60	53,67	26,24	–205,45	–99,48	97,19
52	99,97	1 : 5,18	7,00	2,00 ТФ1	3,99 К8	19,30	45,61	25,53	–579,51	–100,26	95,84
53	99,98	1 : 3,60	48,00	3,17 ТФ1	8,46 К8	27,94	54,31	27,66	–178,28	–98,71	93,62
54	99,98	1 : 10,42	3,00	0,80 ТФ1	1,10 К8	9,60	49,28	26,34	–281,60	–100,00	98,75
55	99,99	1 : 5,33	10,67	1,40 Ф4	3,60 К8	18,80	46,68	24,340	–495,350	–100,04	96,70
56	99,99	1 : 7,57	5,00	2,45 ТФ1	4,26 К8	12,10	42,26	24,37	∞	–100,40	97,82
57	99,99	1 : 7,00	10,00	1,25 ТФ1	2,49 К8	14,30	48,779	25,994	–292,65	–99,96	97,63
58	100,00	1 : 4,10	10,65	1,38 Ф1	4,96 К8	24,80	68,81	25,45	–103,67	–98,27	97,57
59	100,00	1 : 7,55	10,00	1,66 Ф1	3,32 К8	13,30	70,03	25,13	–100,07	–98,75	98,03
60	100,04	1 : 4,11	10,22	2,45 ТФ1	6,68 К8	24,50	48,87	25,88	–283,41	–99,72	94,42
61	100,09	1 : 5,30	10,75	2,13 ТФ1	4,25 К8	19,14	55,28	24,35	–138,98	–99,27	96,78

Продолжение табл. П.1

Номер	Заднее фокусное расстояние $f'_{об}$, мм	Относительное отверстие 1 : к**	Угол поля зрения 2ω, градус	Толщина по оси *d*, мм, и марка стекла линзы		Входной зрачок *D*, мм	Радиус кривизны			Передний фокальный отрезок $S_{F_{об}}$, мм	Задний фокальный отрезок $S'_{F'_{об}}$, мм
				d_1, мм	d_2, мм		r_1, мм	r_2, мм	r_3, мм		
62	100,60	1 : 5,61	11,00	1,90 ТФ1	2,70 К8	18,00	53,45	26,60	–186,73	–100,36	97,89
63	100,79	1 : 3,31	13,00	3,10 Ф4	9,30 К8	31,00	66,72	27,19	–109,73	–97,72	95,62
64	100,86	1 : 4,23	16,00	1,53 ТФ1	5,11 К8	24,02	66,60	29,07	–107,53	–99,14	98,11
65	101,08	1 : 4,85	15,50	2,27 ТФ1	3,70 К8	20,80	58,62	32,78	–177,37	–100,00	97,04
66	101,28	1 : 4,07	17,00	3,20 ТФ1	8,30 К8	25,30	74,648	27,266	–83,573	–97,56	97,40
67	101,42	1 : 4,19	16,50	3,10 Ф1	7,20 К8	24,60	74,50	25,67	–93,13	–98,39	97,65
68	104,95	1 : 4,37	12,00	4,00 К8	2,00 ТФ2	24,00	62,81	–47,64	–144,88	–103,95	102,04
69	106,04	1 : 3,53	26,00	2,15 Ф1	7,88 КФ6	30,00	62,329	31,759	–155,536	–104,29	101,11
70	107,46	1 : 3,86	10,00	3,40 ТФ1	9,10 К8	28,00	55,59	28,78	–228,80	–106,52	100,23
71	108,67	1:3,67	15,00	1,50 Ф1	8,00 К8	30,00	59,66	27,44	–204,50	–106,52	103,75
72	109,05	1 : 4,9	8,50	2,00 Ф1	4,50 К8	20,00	79,62	27,56	–102,09	–107,19	106,64
73	109,51	1 : 4,05	17,00	3,50 ТФ1	9,00 К8	27,50	80,91	29,79	–90,78	–105,48	105,27
74	111,71	1 : 4,66	12,00	4,00 К8	2,00 ТФ1	24,00	71,12	–45,29	–139,32	–110,52	108,93

Продолжение табл. П.1

Номер	Заднее фокусное расстояние $f'_{об}$, мм	Относительное отверстие 1 : к**	Угол поля зрения 2ω, градус	Толщина по оси *d*, мм, и марка стекла линзы		Входной зрачок *D*, мм	Радиус кривизны			Передний фокальный отрезок $S_{F_{об}}$, мм	Задний фокальный отрезок $S'_{F'_{об}}$, мм
				d_1, мм	d_2, мм		r_1, мм	r_2, мм	r_3, мм		
75	115,07	1 : 4,77	12,00	2,00 ТФ1	7,00 К8	24,00	67,54	38,92	–204,36	–113,85	110,41
76	118,92	1 : 4,70	16,00	2,00 Ф1	6,00 КФ6	26,00	70,51	27,00	–126,96	–117,07	115,46
77	119,13	1 : 3,66	20,00	2,50 Ф1	10,00 К8	33,00	65,40	29,78	–220,20	–117,45	112,55
78	120,02	1 : 6,66	9,00	3,52 К8	1,97 ТФ1	18,00	62,23	–52,97	–255,90	–119,65	116,87
79	123,59	1 : 2,90	19,00	4,30 ТФ1	17,10 К8	44,00	123,59	47,53	–95,50	–121,01	124,45
80	123,87	1 : 8,25	5,00	1,50 ТФ1	2,00 К8	15,00	52,36	30,20	∞	–124,37	121,15
81	128,54	1 : 4,78	17,00	2,00 Ф4	5,00 К8	27,50	69,02	33,73	–264,00	–127,91	124,62
82	129,04	1 : 3,61	0,80	4,00 ТФ1	11,00 К8	36,00	70,01	35,55	–229,54	–127,38	120,86
83	130,55	1 : 3,09	19,00	2,50 ТФ1	11,00 К8	43,00	65,39	34,43	–321,47	–129,46	122,76
84	138,85	1 : 4,35	14,00	8,00 К8	3,00 ТФ1	31,50	172,10	–541,60	–138,20	–134,56	135,91
85	139,32	1 : 6,34	7,00	2,00 Ф1	3,50 К8	22,00	83,45	36,98	–209,30	–138,56	136,52
86	139,36	1 : 6,35	7,00	2,00 Ф1	3,50 К8	22,00	83,53	37,02	–209,11	–138,59	136,56
87	139,58	1 : 4,83	7,00	2,50 Ф1	6,00 К8	29,00	83,37	36,98	–209,40	–138,25	135,35

Продолжение табл. П.1

Номер	Заднее фокусное расстояние $f'_{об}$, мм	Относительное отверстие 1 : к**	Угол поля зрения 2ω, градус	Толщина по оси *d*, мм, и марка стекла линзы		Входной зрачок *D*, мм	Радиус кривизны			Передний фокальный отрезок $S_{F_{об}}$, мм	Задний фокальный отрезок $S'_{F'_{об}}$, мм
				d_1, мм	d_2, мм		r_1, мм	r_2, мм	r_3, мм		
88	139,69	1 : 4,84	7,00	2,50 Ф1	6,00 К8	29,00	83,45	36,98	–209,31	–138,36	135,47
89	139,73	1 : 4,84	7,00	2,50 Ф1	6,00 К8	29,00	83,53	37,02	–209,11	–138,40	135,51
90	141,23	1 : 5,50	10,75	3,00 ТФ1	6,00 К8	26,00	78,00	34,37	–196,10	–140,06	136,56
91	149,36	1 : 4,09	7,50	9,00 К8	3,00 Ф4	36,00	80,70	– 111,90	–490,60	–148,75	142,17
92	149,63	1 : 4,68	12,00	3,00 ТФ1	7,50 К8	32,00	68,23	38,19	–867,00	–149,97	142,51
93	149,63	1 : 4,68	12,00	3,00 ТФ1	7,50 К8	32,00	68,23	38,19	–867,00	–149,97	142,51
94	150,01	1 : 6,26	9,00	6,00 БК10	3,00 Ф4	24,00	118,03	–46,13	–201,40	–148,06	146,23
95	150,14	1 : 4,03	6,00	1,90 ТФ1	6,20 К8	37,50	73,28	39,08	–435,50	–149,80	145,23
96	150,25	1 : 5,18	7,00	3,00 ТФ1	6,00 К8	29,00	68,55	38,37	–871,00	–150,68	144,04
97	150,33	1 : 5,45	10,00	2,70 ТФ1	5,20 К8	27,60	68,23	37,84	–867,00	–150,75	144,86
98	150,58	1 : 7,56	10,00	2,50 Ф1	6,00 К8	20,00	105,44	37,84	–150,66	–148,67	147,59
99	150,63	1 : 6,02	7,00	2,00 ТФ1	6,00 К8	25,00	68,55	38,37	–871,00	–150,80	145,28
100	150,75	1 : 7,56	10,00	2,50 Ф1	6,00 К8	20,00	105,44	37,84	–150,66	–148,49	147,43

Продолжение табл. П.1

Номер	Заднее фокусное расстояние $f'_{об}$, мм	Относительное отверстие 1 : к**	Угол поля зрения 2ω, градус	Толщина по оси *d*, мм, и марка стекла линзы		Входной зрачок *D*, мм	Радиус кривизны			Передний фокальный отрезок $S_{F_{об}}$, мм	Задний фокальный отрезок $S'_{F'_{об}}$, мм
				d_1, мм	d_2, мм		r_1, мм	r_2, мм	r_3, мм		
97	150,33	1 : 5,45	10,00	2,70 ТФ1	5,20 К8	27,60	68,23	37,84	–867,00	–150,75	144,86
98	150,58	1 : 7,56	10,00	2,50 Ф1	6,00 К8	20,00	105,44	37,84	–150,66	–148,67	147,59
99	150,63	1 : 6,02	7,00	2,00 ТФ1	6,00 К8	25,00	68,55	38,37	–871,00	–150,80	145,28
100	150,75	1 : 7,56	10,00	2,50 Ф1	6,00 К8	20,00	105,44	37,84	–150,66	–148,49	147,43
101	154,29	1 : 12,86	5,00	2,80 К8	1,60 Ф1	12,00	196,79	–41,30	–98,63	–152,23	153,51
102	158,81	1 : 4,71	11,00	3,00 Ф1	7,00 К8	34,00	90,99	39,99	–257,00	–157,46	153,63
103	160,49	1 : 6,98	10,00	2,00 ТФ1	4,00 К8	23,00	78,29	41,72	–469,70	–160,43	156,69
104	164,97	1 : 10,51	5,00	4,00 ТК2	2,00 ТФ3	15,70	137,09	–68,39	–177,83	–163,39	162,82
105	168,09	1 : 4,96	9,00	2,50 Ф1	6,00 К8	34,00	89,74	42,66	–369,80	–167,39	163,25
106	179,92	1 : 5,30	10,67	2,50 Ф4	6,50 К8	34,00	84,36	44,00	–859,30	–179,97	174,03
107	180,34	1 : 7,17	12,00	2,50 БФ28	10,00 К8	42,00	109,80	46,89	–191,27	–177,24	175,24
108	181,33	1 : 4,09	10,65	2,50 Ф1	9,00 К8	45,00	124,74	46,13	–187,97	–178,18	176,90
109	190,34	1 : 6,08	8,00	4,40 ТФ3	8,70 БФ7	32,00	92,90	39,30	–564,90	–190,49	182,09

Продолжение табл. П.1

Номер	Заднее фокусное расстояние $f'_{об}$, мм	Относительное отверстие 1 : к**	Угол поля зрения 2ω, градус	Толщина по оси *d*, мм, и марка стекла линзы		Входной зрачок *D*, мм	Радиус кривизны			Передний фокальный отрезок $S_{F_{об}}$, мм	Задний фокальный отрезок $S'_{F'_{об}}$, мм
				d_1, мм	d_2, мм		r_1, мм	r_2, мм	r_3, мм		
110	196,44	1 : 3,97	14,00	2,50 Ф1	10,50 К8	50,00	108,11	49,75	–371,00	–194,71	189,62
111	197,07	1 : 4,22	16,00	3,00 ТФ1	10,00 К8	47,00	130,32	56,89	–210,04	–193,81	191,81
112	198,42	1 : 4,25	16,00	3,00 Ф1	10,00 К8	47,00	117,76	52,48	–302,00	–196,23	192,08
113	199,97	1 : 11,10	5,00	2,50 К8	1,50 ТФ1	18,00	103,72	–89,71	–434,5	–199,69	197,68
114	201,88	1 : 4,10	12,00	2,00 ТФ1	8,00 К8	50,00	131,10	55,50	–211,90	–199,27	197,95
115	216,39	1 : 6,63	7,00	3,30 Ф1	6,60 КФ6	33,00	139,96	50,23	–199,99	–213,88	212,39
116	219,97	1 : 6,23	12,00	7,00 К8	2,80 Ф4	35,30	224,90	–64,70	–158,20	–216,15	217,40
117	232,86	1 : 4,87	9,00	3,00 Ф4	8,50 К8	48,00	125,00	61,07	–478,30	–231,75	226,48
118	242,63	1 : 6,06	0,83	4,00 ТФ1	8,00 К8	40,00	102,04	58,07	∞	–243,98	233,60
119	250,19	1 : 13,89	4,00	2,00 Ф4	3,00 КФ7	18,00	292,40	79,98	–161,81	–248,19	249,13
120	250,38	1 : 11,93	6,00	4,40 К8	2,70 Ф1	21,00	319,90	–66,20	–159,20	–247,02	249,15
121	250,38	1 : 11,93	4,00	4,40 К8	2,70 Ф1	21,00	319,90	–66,22	–159,22	–248,03	259,13
122	264,34	1 : 4,50	2,50	6,00 ТФ1	11,00 К8	59,00	131,20	69,18	–698,20	–264,06	253,69

Продолжение табл. П.1

Номер	Заднее фокусное расстояние $f'_{об}$, мм	Относительное отверстие 1 : к**	Угол поля зрения 2ω, градус	Толщина по оси *d*, мм, и марка стекла линзы		Входной зрачок *D*, мм	Радиус кривизны			Передний фокальный отрезок $S_{F_{об}}$, мм	Задний фокальный отрезок $S'_{F'_{об}}$, мм
				d_1, мм	d_2, мм		r_1, мм	r_2, мм	r_3, мм		
123	283,82	1 : 13,47	4,00	5,00 К8	3,10 Ф1	21,00	363,10	–74,82	–179,50	–278,97	281,43
124	297,54	1 : 7,45	5,00	4,00 Ф1	7,00 К8	40,00	174,38	78,89	–478,60	–296,17	291,78
125	299,49	1 : 6,54	10,67	2,50 Ф1	7,00 К8	46,00	213,21	75,34	–292,80	–296,74	295,87
126	300,09	1 : 8,82	5,00	3,50 К8	2,00 ТФ1	34,00	157,20	–136,40	–639,40	–299,69	296,96
127	310,49	1 : 10,02	5,00	3,50 ТФ1	4,50 К8	31,00	152,05	81,66	–916,20	–310,67	305,21
128	323,91	1 : 21,59	2,00	2,00 ТФ1	3,00 К8	15,00	136,40	78,57	∞	–324,58	320,06
129	324,44	1 : 21,62	2,00	2,00 ТФ1	3,00 К8	15,00	136,40	78,34	∞	–325,11	320,58
130	326,21	1 : 6,41	9,67	5,00 Ф1	9,00 К8	51,00	191,87	86,30	–516,40	–324,40	318,94
131	331,98	1 : 15,81	3,00	5,80 К8	3,60 Ф1	21,00	425,60	–87,90	–210,90	–327,52	330,36
132	375,18	1 : 5,58	11,00	7,00 ТФ1	10,00 К8	67,50	200,50	99,77	–685,50	–374,23	365,24
133	417,22	1 : 8,35	3,50	4,00 Ф1	8,00 К8	50,00	193,70	98,60	–2491,60	–417,58	409,12
134	424,60	1 : 16,99	2,50	3,60 Ф1	5,80 К8	25,00	270,40	112,62	–542,93	–327,52	330,36
135	455,29	1 : 12,64	4,00	3,50 ТФ1	5,00 К8	36,00	196,74	111,43	–6855,00	–456,26	448,91

Окончание табл. П.1

Номер	Заднее фокусное расстояние $f'_{об}$, мм	Относительное отверстие 1 : к**	Угол поля зрения 2ω, градус	Толщина по оси *d*, мм, и марка стекла линзы		Входной зрачок *D*, мм	Радиус кривизны			Передний фокальный отрезок $S_{F_{об}}$, мм	Задний фокальный отрезок $S'_{F'_{об}}$, мм
				d_1, мм	d_2, мм		r_1, мм	r_2, мм	r_3, мм		
136	455,46	1 : 12,65	4,00	3,50 ТФ1	5,00 К8	36,00	196,79	111,43	–6855,00	–456,43	449,08
137	497,49	1 : 7,09	2,50	6,00 Ф1	10,00 К8	70,00	314,80	157,40	–758,60	–495,14	489,48
138	520,83	1 : 7,45	2,50	6,00 Ф1	10,00 К8	70,00	314,80	137,40	–758,60	–518,55	512,77
139	575,33	1 : 7,17	6,00	9,00 ТФ1	11,00 К8	80,00	247,20	146,60	∞	–578,19	559,81
140	583,90	1 : 7,29	2,50	9,00 ТФ1	11,00 К8	80,00	247,20	142,56	∞	–586,89	568,26
141	610,02	1 : 24,40	2,50	4,40 К8	3,90 ТФ2	25,00	368,10	–267,30	–816,60	–608,43	606,38
142	721,46	1 : 8,39	2,33	8,00 ТФ1	11,00 К8	86,00	355,60	190,10	–2037,00	–721,69	709,11
143	767,94	1 : 13,23	2,00	8,00 БК8	6,00 ТФ3	58,00	570,20	–363,10	–879,00	–764,38	762,83
144	800,42	1 : 8,90	4,00	8,00 ТФ1	11,00 К8	90,00	394,50	210,90	–2259,00	–800,65	788,08
145	999,08	1 : 6,65	2,00	20,00 К8	15,00 Ф1	150,00	578,10	–415,00	–1786,50	–994,45	981,14
146	1001,42	1 : 9,99	3,00	14,00 КФ7	10,00 ТФ1	100,00	402,80	–446,70	∞	–1004,14	983,45
147	2022,32	1 : 8,09	1,00	30,00 К8	20,00 ТФ1	250,00	1219,00	–816,00	–2780,00	–2013,73	1998,89

Примечание. ** к – отношение входного зрачка к фокусному расстоянию $D / f'_{об}$

Учебное издание

Парко Ирина Владимировна

Бобылева Елизавета Геннадьевна

ПРИКЛАДНАЯ ОПТИКА
ОБЪЕКТИВЫ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Редактор *О. В. Георгиевская*
Компьютерная верстка *В. А. Рыжовой*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.
Подписано в печать 09.11.2026. Формат 60 × 84 1/16.
Усл. печ. л. 1,39. Тираж 50 экз. Заказ 214.
Гигиеническое заключение
№ 54.НК.05.953.П.000147.12.02. от 10.12.2002.

Издательско-полиграфический центр СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 10.

Отпечатано в издательско-полиграфическом центре СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 8