

## ИССЛЕДОВАНИЕ СФЕРИЧЕСКОЙ АБЕРРАЦИИ И АСТИГМАТИЗМА 8" ОБЪЕКТИВОВ КАМЕР 16" РЕФРАКТОРА АБАСТУМАНСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

Е. К. ХАРАДЗЕ и М. А. ВАШАКИДЗЕ

Настоящая работа посвящена исследованию сферической aberrации и астигматизма 8" объективов камер нового 16" рефрактора Абастуманской Обсерватории.

Прежде чем приступить к изложению метода исследования упомянутых объективов и полученных результатов, мы дадим краткое описание нового 16" рефрактора и его механических особенностей.

16" рефрактор установлен на Абастуманской Обсерватории в конце 1935 г. под наблюдением проф. Г. Н. Неуймина. Монтажные работы выполнены механиком обсерватории В. В. Вихровым.

Рефрактор изготовлен фирмой Zeiss в 1930 г. Он имеет фотовизуальный объектив, диаметр которого 16" (400 мм), а фокусное расстояние 6.8 м. Специальная коррекционная линза, вводимая в пучек лучей с помощью откидного кольца, расположенного внутри тубуса, допускает производство фотографических наблюдений в фокусе 16" объектива, для чего окулярная часть рефрактора легко заменяется фотографической камерой. Размер пластинки: 9 см × 12 см. Масштаб на пластинке: 1 мм соответствует 30" в дуге.

Часовое движение рефрактора осуществляется электрическим часовым механизмом. Последний состоит в основном из электромотора, число оборотов которого ( $n=2400$  в минуту) поддерживается постоянным специальным регулятором с центробежным маятником. При надлежащем числе оборотов мотора имеет место равновесие между центробежной силой маятника и силой натяжения пружины, натягивающей пластинку, поддерживающую маятник. При малейшем отклонении от надлежащего числа оборотов вступает в действие электрический контакт, включающий перед полем электромотора специальное сопротивление, чем и выравнивается число оборотов.

При часовом механизме имеется электрический секундный контроль. Он состоит из маленького электромагнита с якорем и двух зубчатых ко-

лес, насаженных на главную ось часового механизма один над другим. Колеса сцеплены с расположенной сбоку шестерней. Так как у верхнего колеса имеется одним зубом больше, чем у нижнего, при работе часового механизма верхнее колесо все время обгоняет нижнее и этим самым, посредством рычажков, натягивает пружины центробежного маятника, что, в свою очередь, дает увеличение числа оборотов регулятора. С другой стороны, с верхним колесом связан трением диск, имеющий сбоку выступ. Через каждые две секунды выступ задевает якорь электромагнита, управляемого точными часами. В результате, колесо возвращается в надлежащее положение, при котором уменьшается натяжение пружин и число оборотов поддерживается в соответствии с часами.

С часовым механизмом связано грубое и точное микрометрическое движение. Устройство его следующее: от регулятора отходит связанный с ним валик, прерывающийся дифференциальным механизмом, планетарное колесо которого вообще закреплено; при нажатии соответствующей кнопки вступает в действие специальный магнит, под влиянием которого планетарному колесу передается движение в одном или другом направлении; это движение вызывает небольшое ускорение или замедление валика, ведущего к часовому движению. Такое микрометрическое движение служит для точной установки по часовому кругу и для гидирования. Для грубой наводки служит грубое микрометрическое движение (скорость около  $8'$  дуги в 1 секунду). Последнее приводится в действие специальным электромотором. При нажатии соответствующей кнопки регулирующий механизм выключается и, одновременно, вступает в действие вал, ведущий от мотора к часовому движению инструмента. Электромотору часового механизма требуется ток силой в 2 А при напряжении в 110 В.

Рефрактор установлен на железобетонном цилиндрическом фундаменте под сферическим куполом диаметром в 11 м. Движение купола осуществляется электрической энергией. Вокруг рефрактора монтирован подъемный пол (лифт), приводящийся в движение посредством электрического тока. Лифт движется вверх или вниз в пределах  $2\frac{1}{2}$  м со скоростью около 1 м в 15 секунд и представляет значительное удобство для наблюдения, подводя наблюдателя к окулярной части инструмента при любом положении последнего.

8" камеры расположены на рефракторе симметрично к главному тубусу вблизи оси склонения последнего.

Объективы камер являются сложными четырехлинзовыми системами. Их отверстия: 8" (200 мм); фокусное расстояние: 1 м. Размер кассеты 18 см × 24 см. Масштаб на пластинке:  $1^\circ$  соответствует 17 мм. Поверхность неба, покрываемая пластинкой:  $10^\circ.5 \times 14^\circ.0$ . Кассеты не имеют приспособления для поступательного или позиционного перемещения. Их плоскость направляется перпендикулярно к оптической оси посредством

трех уравнительных винтов. Перемещение места фокуса достигается действием винта,двигающего объектив вдоль его оптической оси. Деление на фокусировочной шкале миллиметровое: на шкале установлен нониус. Шкала расположена у объектива; отсчет производится через визирную трубу, расположенную на щите, установленном у окулярной части главного тубуса и несущем ключи разных управлений (ключи прямого восхождения и склонения, крепления, затворов, освещения шкал и кругов, визирные трубки). Из двух камер мы обозначили № 1-ым ту, которая находится справа от главного тубуса при таком положении рефрактора, когда он направлен к полюсу и, в тоже время, главный тубус и противовес расположены в плоскости меридиана. Другая камера обозначена № 2-ым. Каждая камера имеет свою кассету под тем же номером.

Несмотря на то, что рефрактор в основном установлен еще в конце 1935 г., в силу разных обстоятельств к работе на нем приступлено лишь в конце 1937 г.

В сентябре мы произвели юстировку рефрактора, пользуясь известным методом Scheiner'a установки экваториала по азимуту и широте места. Как показали дальнейшие наблюдения, юстировка была выполнена с хорошей точностью. Проверка ее по звездам дала для погрешности установки по широте значение:  $\delta\varphi = +1'$ .

Объективы камер мы отцентрировали по отношению к тубусам камер известным способом, при котором в фокусе устанавливают источник света, помещают глаз непосредственно позади источника света и, наблюдая обратные отражения источника света от всех поверхностей линз объектива, меняют положение объектива в тубусе до совмещения упомянутых отражений. Принимая во внимание короткофокусность камер, мы ограничились для начала подобной центровкой, отложив временно проверку ее фотографическим способом.

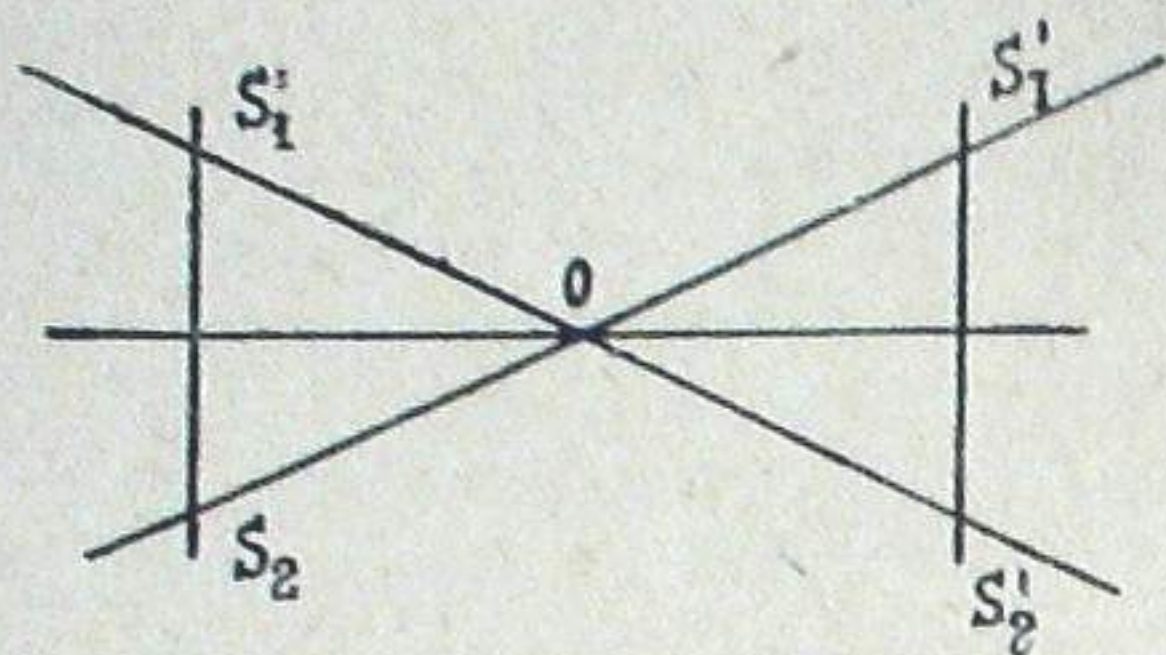
Далее, мы определили для камер положения фокуса, фотографируя на пластинках Ilford Monarch полярную область при неподвижном положении инструмента (к тому времени на горе Канобилд не было еще закончено оборудование электрической сети).

Получены следующие отсчеты для положений фокуса:

Камера № 1	Камера № 2
74.2	42.5

После этого мы приступили к исследованию сферической аберрации и астигматизма 8" объективов камер. С этой целью, мы воспользовались методом Hartmann'a<sup>1</sup>, при котором объектив рефрактора покрывается особой диафрагмой, представляющей собой экран с небольшими отверстиями, расположенными таким образом, чтобы различным концентрическим зонам объектива соответствовало несколько отверстий, расставленных симметрично относительно центра. Фотографируя при этом некоторую яркую

звезду вне фокуса, получаем на пластинке изображение этой диафрагмы. Фотографическая пластинка устанавливается перед фокусом и за фокусом симметрично относительно предполагаемого места фокуса. В таком случае два симметричных отверстия диафрагмы дадут на пластинке изображения в точках  $s_1, s_2$  и  $s'_1, s'_2$  (фиг. 1).



Черт. 1 Fig.

Обозначим расстояния  $s_1, s_2$  и  $s'_1, s'_2$  через  $l$  и  $l'$  соответственно. Тогда, если двум положениям пластинки (интрафокальному и экстрафокальному) соответствуют отсчеты фокальной шкалы  $D_1$  и  $D_2$ , отсчет шкалы, соответствующий фокусу  $O$  будет:

$$D_0 = D_1 + \frac{l}{l+l_1} (D_2 - D_1). \quad (1)$$

Если применить эту формулу к любой симметричной паре отверстий экрана, получим ряд значений  $D'_\varphi$ , соответствующих различным по зонам ( $r$ ) и позиционным углам ( $\varphi$ ) парам отверстий. Эти значения  $D'_\varphi$  в общем случае неодинаковы и меняются в зависимости от зон с разными радиусами и от углов положения данной пары отверстий.

Исследованием зависимости положения фокуса от  $r$  (от зоны) определяется сферическая aberrация или ошибка зон объектива. Исследование же зависимости его от  $\varphi$  (от угла положения) определит астигматизм объектива.

Диафрагмы, использованные нами для исследования объективов, представляют собой два металлических экрана с 68 отверстиями каждый. Диаметр отверстий равен 8 мм. Отверстия расположены вдоль 8 зон и вдоль 8 диаметров. Одно отверстие определяет центр диафрагмы, а три других, расположенных несимметрично относительно центра, вне диаметров, служат для ориентировки в изображениях диафрагм. Табл. I иллюстрирует расположение отверстий по зонам ( $r$ —радиус зоны) и по углам положения ( $\varphi$ —угол положения по отношению к «нулевому диаметру»; пос-

ледним мы называем тот диаметр отверстий, который при неподвижном закреплении диафрагмы на объективе камеры, направлен к главному тубусу).

ТАБЛИЦА I TABLE

Радиус зоны ( $r$ ) в см для кам. № 1	Радиус зоны ( $r$ ) в см для кам. № 2	Углы положения отверстий ( $\varphi$ ) для камер №№ 1 и 2								
		$0^\circ$	$45^\circ$	$90^\circ$	$135^\circ$	$180^\circ$	$225^\circ$	$270^\circ$	$315^\circ$	
1.9	—	$0^\circ$	$45^\circ$	$90^\circ$	$135^\circ$	$180^\circ$	$225^\circ$	$270^\circ$	$315^\circ$	
3.8	3.8	0	45	90	135	180	225	270	315	
4.5	4.5	22.5	67.5	112.5	157.5	202.5	247.5	292.5	337.5	
5.5	5.5	0	45	90	135	180	225	270	315	
6.5	6.5	22.5	67.5	112.5	157.5	202.5	247.5	292.5	337.5	
7.4	7.4	0	45	90	135	180	225	270	315	
8.5	8.4	22.5	67.5	112.5	157.5	202.5	247.5	292.5	337.5	
9.3	9.2	0	45	90	135	180	225	270	315	

После ряда опытных снимков, произведенных с целью определения наилучшей экспозиции и более удобного для измерений удаления пластинки от фокуса, 4 и 5 декабря был получен фотографический материал, вошедший в измерения для определения сферической aberrации и астигматизма. При этом фотографировалась звезда  $\alpha$  Cygni ( $1^m 3; A$ ) на пластинках Ilford Monarch. Пластинки проявлялись в течение 8 минут параамидофеноловым проявителем. Фотографирование производилось при положениях пластинок в 20 и 27 мм от фокуса экстрафокально и интрафокально. Таким образом, одна серия наблюдений для каждой камеры состояла из 4-х снимков (по два снимка перед фокусом и за фокусом). При этом серия наблюдений повторялась шесть раз в следующем порядке: вначале 4 снимка первой серии производились вблизи оптического центра при последовательном передвижении внутри кассеты надлежащим образом обрезанной пластинки; далее, серии снимков и соответствующие передвижения пластинок повторялись при положениях изображения диафрагмы на пластинке к востоку, западу, северу и югу от оптического центра. Это делалось с целью исключения влияния наклона пластинки. Смещение изображения от оптического центра доводилось лишь до 4 см, т. к. на этих расстояниях изображение диафрагмы искажалось благодаря виньетированию. Наконец, повторялась серия снимков в оптическом центре. Таким образом, для каждого объектива выполнялось шесть серий наблюдений, состоящих из 24-х отдельных снимков, причем 2 серии или 8 снимков производилось в оптическом центре.

В табл. II и III указаны условия, при которых произведены снимки в камерах № 1 и № 2 соответственно. В таблицах приведены по два значения температуры, соответствующих началу и концу наблюдений.

ТАБЛИЦА II TABLE

Камера № 1. Диафрагма № 1:  $\alpha$  Cugni 4-5.XII, 37;  $t = -3^{\circ}.0$ ;  $t = -4^{\circ}.1$ .  
Camera No. 1

Отсчет шкалы (D) в мм	В опт. центре		На вост. от опт. центра		На западе от опт. центра		На севере от опт. центра		На юге от опт. центра		В опт. центре	
	Номер снимка	Экспозиция	Номер снимка	Экспозиция	Номер снимка	Экспозиция	Номер снимка	Экспозиция	Номер снимка	Экспозиция	Номер снимка	Экспозиция
47.4	I	3m	VIII	3m	IX	3m	XVI	3m	XVII	3m	XXIV	3m.5
54.4	II	2	VII	2	X	2	XV	2	XVIII	2	XXIII	2.5
94.4	III	2	VI	2	XI	2	XIV	2	XIX	2	XXII	2.5
101.4	IV	3	V	3	XII	3	XIII	3	XX	3	XXI	3.5

ТАБЛИЦА III TABLE

Камера № 2. Диафрагма № 2:  $\alpha$  Cugni 5-6.XII, 37;  $t = +0^{\circ}.3$ ;  $t = -1^{\circ}.8$ .  
Camera No. 2

Отсчет шкалы (D) в мм	В опт. центре		На вост. от опт. центра		На западе от опт. центра		На севере от опт. центра		На юге от опт. центра		В опт. центре	
	Номер снимка	Экспозиция	Номер снимка	Экспозиция	Номер снимка	Экспозиция	Номер снимка	Экспозиция	Номер снимка	Экспозиция	Номер снимка	Экспозиция
15.5	I	3	VIII	3	IX	3	XVI	3	XVII	3	XXVI	3
22.5	II	2	VII	2	X	2	XV	2	XVIII	2	XXIII	2
62.5	III	2	VI	2	XI	2	XIV	2	XIX	2	XXII	2
69.5	V	3	V	3	XII	3	XIII	3	XX	3	XXI	3

Пластины измерялись на стереокомпараторе Zeiss'a модели E. Шаг винта стереокомпаратора равен 1 мм. Отсчеты даны в 0.01 мм, однако, оценка положения креста производится в 0.001 мм. Исследование винта, выполненное еще в 1934 г. показало, что поправка его за поступательное движение не превосходит 2-х микронов. Все изображения измерялись в одном отрезке винта, заключенном в пределах 5 мм. Наводка креста на центр изображения отверстия диафрагмы производилась два раза при одном положении пластины и два раза при повороте последней на  $180^{\circ}$ .

ТАБЛИЦА IV TABLE

Камера № 1 Camera No. 1

Радиус зоны (r) в см	Угол положения (φ)	54.4—94.4		47.4—104.4		54.4—94.4		47.4—104.4	
		Полож. фокуса (D <sub>0</sub> )	Средн. пол. фок. (D <sub>0</sub> )	Полож. фокуса (D <sub>0</sub> )	Средн. пол. фок. (D <sub>0</sub> )	Полож. фокуса (D <sub>0</sub> )	Средн. пол. фок. (D <sub>0</sub> )	Полож. фокуса (D <sub>0</sub> )	Средн. пол. фок. (D <sub>0</sub> )
1.9	0°	74.320	74.240	74.346	74.225	74.240	74.190	74.454	74.319
	45	.200		.184		.240		.346	
	90	.160		.130		.120		.292	
	135	.280		.230		.160		.184	
3.8	0°	74.320	74.310	74.346	74.292	74.240	74.200	74.292	74.292
	45	.320		.346		.160		.292	
	90	.280		.292		.200		.238	
	135	.320		.184		.200		.238	
4.5	22°5	74.160	74.220	74.184	74.211	74.160	74.140	74.292	74.263
	67.5	.280		.184		.080		.238	
	112.5	.280		.292		.200		.232	
	157.5	.160		.184		.120		.292	
5.5	0°	74.200	74.150	74.130	74.196	74.040	74.070	74.184	74.198
	45	.160		.184		.120		.184	
	90	.120		.184		.080		.184	
	135	.120		.284		.040		.238	
6.5	22°5	74.080	74.100	74.076	74.144	74.080	74.040	74.130	74.130
	67.5	.080		.130		.040		.184	
	112.5	.160		.130		.000		.130	
	157.5	.080		.238		.040		.076	
7.4	0°	74.120	74.070	74.022	74.022	74.000	73.970	74.130	74.090
	45	.000		.73.968		.000		.130	
	90	.080		.968		.73.920		.022	
	135	.080		74.130		.960		.076	
8.5	22°5	73.920	74.020	73.968	73.982	73.880	73.890	74.022	74.008
	67.5	.000		.022		.840		.022	
	112.5	.160		.968		.920		.022	
	157.5	.000		.968		.920		73.968	
9.3	0°	73.920	73.920	73.860	73.860	73.840	73.830	73.914	73.914
	45	.960		.914		.880		.914	
	90	.830		.806		.760		.860	
	135	.920		.860		.840		.968	

Обработка производилась согласно формуле (1). Табл. IV и табл. V содержат результаты обработки для камер № 1 и № 2 соответственно. Эти данные относятся к обработке изображений, полученных в оптическом центре. Цифры, помещенные в верхних частях таблиц указывают к каким сопряженным отсчетам шкалы относятся измерения и результаты.

ТАБЛИЦА V TABLE

Камера № 2 Camera No. 2

Радиус зоны (r) в см	Угол положения (φ)	22.5—62.5		15.5—69.5		22.5—62.5		15.5—69.5	
		Полож. фокуса (D <sub>0</sub> )	Средн. пол. фок. (D <sub>0</sub> )	Полож. фокуса (D <sub>0</sub> )	Средн. пол. фок. (D <sub>0</sub> )	Полож. фокуса (D <sub>0</sub> )	Средн. пол. фок. (D <sub>0</sub> )	Полож. фокуса (D <sub>0</sub> )	Средн. пол. фок. (D <sub>0</sub> )
3.8	0°	42.180	42.240	42.230	42.338	42.300	42.330	42.392	42.338
	45	.300		.392		.460		.392	
	90	.340		.338		.380		.398	
	135	.140		.392		.180		.230	
4.5	22°5	42.420	42.360	42.338	42.419	42.260	42.330	42.284	42.379
	67.5	.300		.446		.380		.392	
	112.5	.380		.446		.300		.338	
	157.5	.340		.446		.380		.500	
5.5	0°	42.340	42.340	42.392	42.419	42.420	42.390	42.446	42.406
	45	.300		.392		.540		.446	
	90	.340		.446		.420		.392	
	135	.380		.446		.420		.338	
6.5	22°5	42.340	42.320	42.338	42.311	42.340	42.280	42.446	42.311
	67.5	.380		.284		.300		.338	
	112.5	.300		.284		.260		.230	
	157.5	.260		.338		.260		.230	
7.4	0°	42.220	42.280	42.284	42.338	42.260	42.300	42.284	42.322
	45	.340		.338		.460		.554	
	90	.300		.338		.300		.384	
	135	.260		.392		.180		.068	
8.4	22°5	42.260	42.300	42.392	42.324	42.260	42.370	42.176	42.271
	67.5	.300		.284		.460		.500	
	112.5	.300		.338		.460		.122	
	157.5	.340		.284		.300		.284	
9.2	0°	42.260	42.290	42.338	42.390	42.260	42.280	42.284	42.325
	45	.340		.492		.340		.446	
	90	.260		.338		.300		.392	
	135	.300		.392		.220		.176	

В эти вычисления не вошли измерения изображений отдаленных от оптического центра, т. к. обнаружилось, что даже при сравнительно близком положении по отношению к оптическому центру, в измерениях изображений возникали ошибки благодаря виньетированию. Но, данные этих измерений использованы для удаления оставшегося небольшого отклонения пластинок от направления, перпендикулярного к оптической оси.

Табл. VI содержит средние положения фокуса для разных зон, свободные от астигматизма.

Вычисление этих положений основано на следующем. В случае наличия астигматизма, если лучи, лежащие в некотором сечении пучка, соответ-

ствующем углу φ=φ<sub>0</sub>, имеют наименьший фокус, тогда лучи сечения, отличающегося от первого на 90°, т. е. лучи сечения пучка, для которого φ=φ<sub>0</sub>+90°, будут иметь наибольший фокус. Поэтому для данной пары отверстий имеем<sup>2</sup>:

$$D_{\varphi}^r = D_{\varphi_0}^r + a \sin^2(\varphi - \varphi_0), \quad (2)$$

для другой же, расположенной перпендикулярно к первой:

$$D_{\varphi+\varphi_0}^r = D_{\varphi_0}^r + a \cos^2(\varphi - \varphi_0). \quad (3)$$

Среднее из D<sub>φ</sub><sup>r</sup> и D<sub>φ+φ<sub>0</sub></sub><sup>r</sup>:

$$\frac{1}{2} (D_{\varphi}^r + D_{\varphi+\varphi_0}^r) = D^r \quad (4)$$

дает положение фокуса для зоны с радиусом r, свободное от астигматизма. Согласно формуле (4) вычислены данные табл. VI.

ТАБЛИЦА VI TABLE

Камера № 1 Camera No. 1

Камера № 2 Camera No. 2

Радиус зоны (r) в см	Положения фок. для опт. центра (D <sup>r</sup> )			Кол. измер. пар изобр. диафрагмы	Радиус зоны (r) в см	Положения фок. для опт. центра (D <sup>r</sup> )			Кол. измер. пар изобр. диафрагмы
	Для отсчета шкалы		Среднее			Для отсчета шкалы		Среднее	
	47.4—104.4	54.4—94.4				15.5—69.5	22.5—62.5		
1.9	74.27	74.22	74.25 ± 0.025	4	—	—	—	—	—
3.8	.28	.26	.27 .024	4	3.8	42.34	42.29	42.31 ± 0.024	4
4.5	.24	.18	.21 .024	4	4.5	.40	.35	.38 .019	4
5.5	.20	.11	.16	4	5.5	.41	.37	.39 .018	4
6.5	.14	.07	.10 .022	4	6.5	.31	.30	.31 .009	4
7.4	.06	.02	.04	4	7.4	.33	.29	.31 .013	4
8.5	.00	73.96	73.98	4	8.4	.30	.34	.32 .020	4
9.3	73.88	.88	.88 .020	4	9.2	.36	.29	.32 .023	4
	74.13	74.09	74.11			42.35	42.32	42.34	

Среднее положение фокуса для всего объектива определяется формулой:

$$D = \frac{\sum r D^r}{\sum r} \quad (5)$$

Применение формулы (5) к данным табл. VI дало для среднего положения фокуса 8" объективов следующие значения:

Камера № 1

 $D=74.11$ 

Камера № 2

 $D=42.33$ 

При вычислении среднего положения фокуса по формуле (5) мы нашли целесообразным опустить крайние зоны объективов ( $r=9.3$ ;  $r=9.2$ ).

Известно, что для характеристики объективов вычисляют так называемую «техническую постоянную» объектива<sup>3</sup>, имеющую следующее выражение:

$$T = \frac{200000}{F^2} \frac{\sum [r^2(D^r - D)]}{\sum r} \quad (6)$$

где  $T$  является, собственно, наименьшим диаметром изображения, обусловленного лишь сферической aberrацией, выраженным в сотых долях фокусного расстояния объектива. Эта постоянная служит, вместе с тем, средством сравнения объективов разных фокусных расстояний.

Hartmann классифицирует объективы<sup>4</sup> по признаку величины  $T$ , принимая, что

в случае  $T > 1.5$  — объектив «удовлетворительный» (mässig gute)  
 $1.5 > T > 0.5$  — «хороший» (gute),  
 $T < 0.5$  — «отличный» (hervorragend gute).

Применение (6) к данным объективов камер № 1 и № 2 (табл. VI) дало для значений  $T$  соответственно:

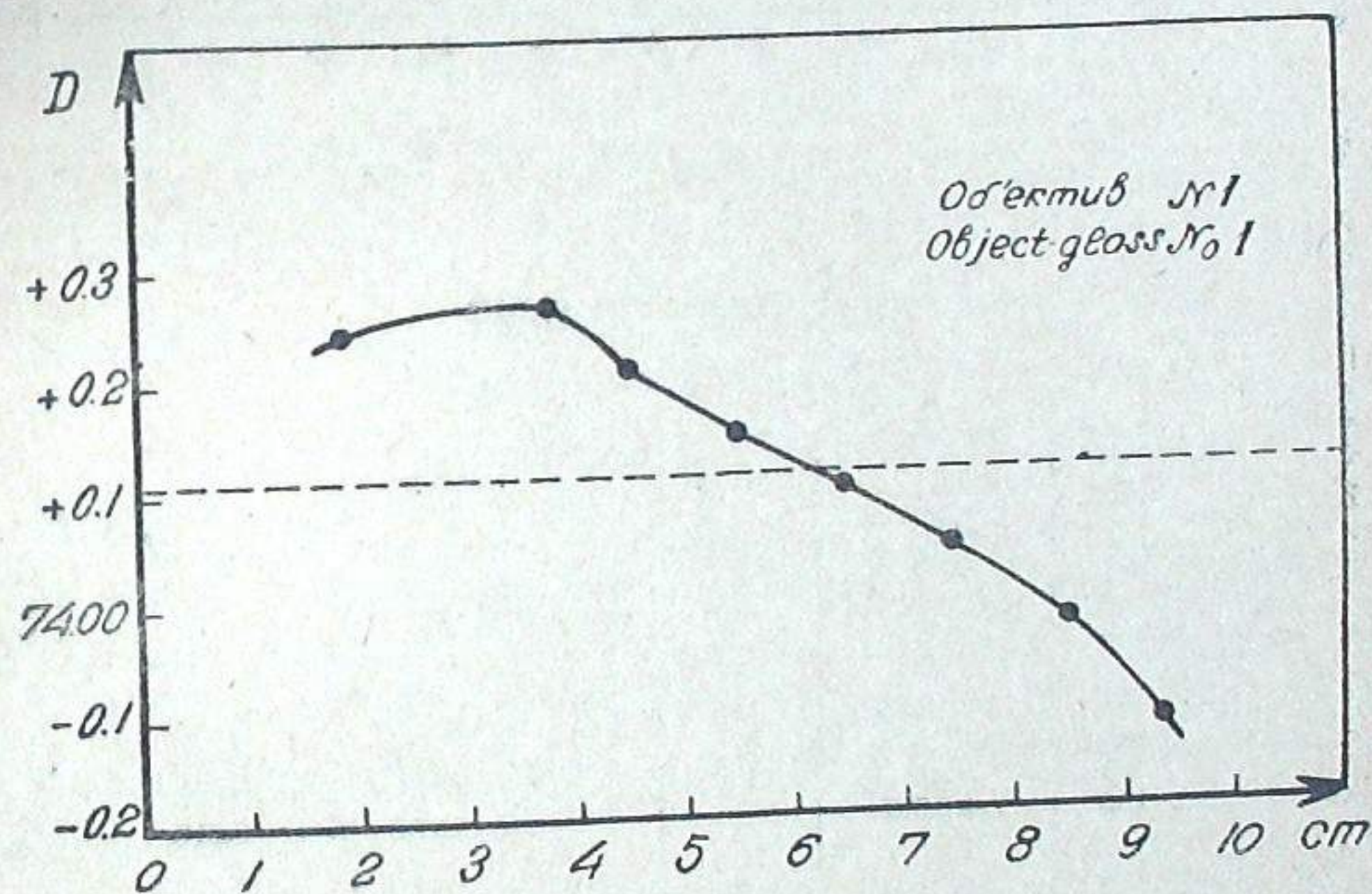
$$T_1 = 1.03, \quad T_2 = 0.31.$$

Следующая табличка дает сравнение ряда объективов (и зеркал):

8" объектив № 1 Абастуманской Обсерватории . . .  $T=1.03$   
 8" объектив № 2 Абастуманской Обсерватории . . .  $T=0.31$

13" объектив Потсдамской Обсерватории<sup>5</sup> . . . . .  $T=1.30$   
 13" объектив (нормального астрографа) Пулковской  
 Обсерватории . . . . .  $T=0.11$   
 40" объектив Иеркской Обсерватории<sup>6</sup> . . . . .  $T=0.17$   
 (40" зеркало Симеизской Обсерватории<sup>7</sup>) . . . . . ( $T=0.12$ )  
 (72" зеркало Обсерватории в Виктории<sup>8</sup>) . . . . . ( $T=0.12$ )

На черт. 2 и черт. 3 представлены кривые сферической aberrации для объективов № 1 и № 2, соответственно. По осям  $X$  отложены радиусы зон объективов, по осям ординат — положения фокуса. Пунктирными линиями, параллельными осям  $X$ , отмечены положения средних фокусов.

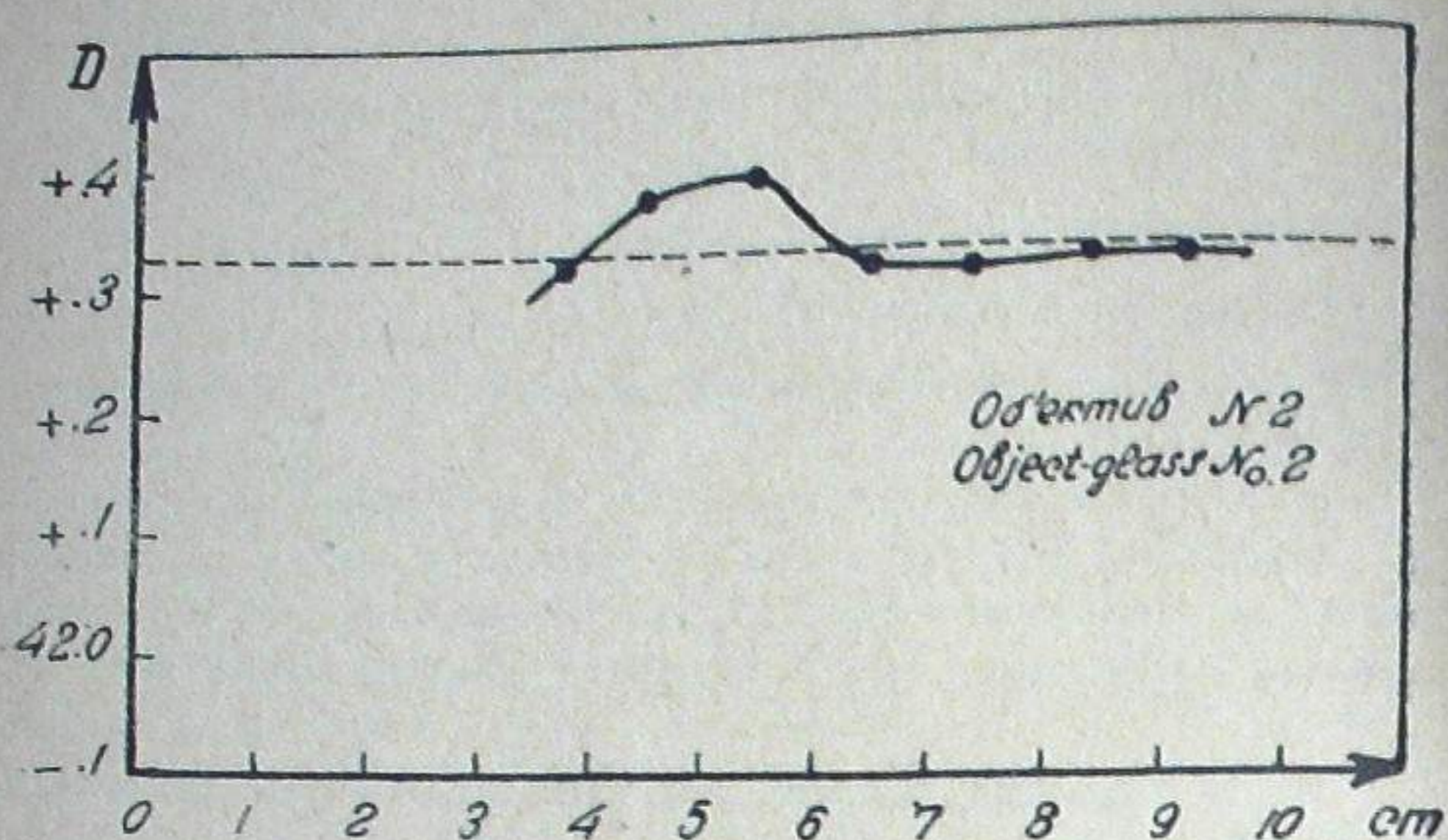


Черт. 3 Fig.

Для вычисления величины астигматизма составлялись разности:

$$A = D_{\varphi}^r - D^r,$$

представляющие собой отклонения положений фокуса для углов  $\varphi$  от среднего для зоны. Эти разности приведены в табл. VII для камеры № 1 и в табл. VIII для камеры № 2.



Черт. 3 Fig.

ТАБЛИЦА VII TABLE

Камера № 1 Camera No. 1

Радиус зоны (r) в см	Угол положения (φ)	$A=D'_{\varphi}-D'$	Кол. элем. пар изобр. диафрагмы	Радиус зоны (r) в см	Угол положения (φ)	$A=D'_{\varphi}-D'$	Кол. элем. пар изобр. диафрагмы				
1.9	0°	+0.065	4	6.5	22°5	+0.010	4				
	45	+0.005			67.5	-0.010					
	90	-0.075			112.5	+0.010					
	135	+0.005			157.5	-0.010					
3.8	0°	+0.033	8	7.4	0°	+0.030	8				
	45	+0.013			90	-0.040					
	90	-0.014			8.5	22°5		-0.028			
	135	-0.031				67.5		+0.027			
4.5	22°5	+0.020	4	112.5	112.5	+0.043	4				
	112.5	-0.060			157.5	-0.027					
	5.5	0°			+0.010	4		9.3	0°	0.000	4
		45			+0.030				45	+0.027	
90		-0.010	90	-0.054							
135		-0.030	135	+0.027							

ТАБЛИЦА VIII TABLE

Камера № 2 Camera No. 2

Радиус зоны (r) в см	Угол положения (φ)	$A=D'_{\varphi}-D'$	Кол. элем. пар изобр. диафрагмы	Радиус зоны (r) в см	Угол положения (φ)	$A=D'_{\varphi}-D'$	Кол. элем. пар изобр. диафрагмы				
3.8	0°	-0.036	8	7.4	0°	-0.048	8				
	45	+0.075			45	+0.113					
	90	+0.037			90	+0.021					
	135	-0.076			135	-0.085					
4.5	22°	-0.011	4	8.4	67°	+0.070	8				
	112	+0.023			157	-0.014					
5.5	45°	+0.016	8	9.2	0°	-0.030	4				
	135	-0.008			45	+0.090					
	6.5	67°			+0.018	8		135	90	+0.044	4
		157			-0.033				135	-0.104	

Для разности  $A=D'_{\varphi}-D'$  на основании формул (2), (3) и (4) легко находим:

$$A = -\frac{a}{2} \cos^2(\varphi - \varphi^0). \quad (7)$$

Обозначая  $\frac{a}{2} \cos 2\varphi_0$  через x и  $\frac{a}{2} \sin 2\varphi_0$  через y, из (7) получим:

$$A + x \cos 2\varphi + y \sin 2\varphi = 0. \quad (8)$$

Пользуясь последней формулой и данными табл. VII и VIII, мы вычислили астигматизм (a) для двух объективов.

ТАБЛИЦА IX TABLE  
Камера № 1 Camera No. 1

Радиус зоны (r)	x	y	$\frac{a}{2}$	a
	mm	mm	mm	mm
1.9	-0.07	+0.08	0.08	0.16
3.8	-0.03	+0.01	0.03	0.06
5.5	-0.01	+0.01	0.01	0.02
7.4	-0.03	+0.04	0.04	0.08
9.3	-	+0.05	0.05	0.10

ТАБЛИЦА X TABLE

Камера № 2 Camera No. 2

Радиус зоны ( $r$ )	$x$	$y$	$\frac{a}{2}$	$a$
	mm	mm	mm	mm
3.8	+0.04	-0.08	0.08	0.16
5.5	—	-0.01	0.01	0.02
7.4	+0.05	-0.10	0.10	0.20
9.2	+0.04	-0.07	0.07	0.14

Результаты вычисления  $x$ ,  $y$  и  $a$  приведены в табл. IX и табл. X. Величины  $a$  указывают на незначительность астигматизма у исследованных нами объективов. Рассмотрение же кривых сферической aberrации и значений «технической постоянной» указывает на то, что исследованные объективы достаточно апланатичны. Первый из них принадлежит к классу «хороших» объективов по Hartmann'у, а второй — к классу «отличных».

Измерения и значительную часть вычислений выполнила Эвелина Долидзе-Вашакидзе, за что авторы выражают ей благодарность.

Январь, 1938.

## Литература: Literature:

1. Publ. A. O. Potsdam. XV, No. 46.
2. Ibid.
3. Ibid.
4. Ibid.
5. Publ. A. O. Potsdam. XV No 45.
6. Aph. J. 27, p. 243, 1908
7. Изв. Гл. Рос. А. О. 97, p. 462, 1926.
8. Publ. D. A. O. Vict. 7. Vol. 1, 1, p. 41.

AN INVESTIGATION OF THE SPHERICAL ABERRATION AND  
ASTIGMATISM OF 8" OBJECT GLASSES OF 16" REFRACTOR  
OF THE ABASTUMANI OBSERVATORY

E. K. KHARADSE and M. A. VASHAKIDSE

(Summary)

The spherical aberration and astigmatism of the object glasses of two parallel cameras attached to the new 16-inch refractor of Abastumani Observatory have been examined.

The diameter of the object glasses is equal to 8 inches, the focal length—1 m. The complex object glasses, made by Zeiss, are composed of four lenses each. The size of plates is 18×24, the field is 10°.5×14°.0.

The examination was carried out according to Hartmann's method.

The obtained curves of spherical aberration for both object glasses are represented on Fig. 2 and Fig. 3.

The values of technical constant for the two object glasses equals 1.03 and 0.31, respectively. According to Hartmann's classification the object glass No. 1 belongs to the class designated as «good» («gute»), the No. 2—to that characterized as «excellent» («hervorragend gute»).

The value of the astigmatism ( $a$ ) is small for both object glasses (Table IX and Table X).

January, 1938.