

отчет САО

№ 231



AS USSR  
SPECIAL  
ASTROPHYSICAL  
OBSERVATORY

АН СССР  
СПЕЦИАЛЬНАЯ  
АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ  
ОБСЕРВАТОРИЯ

ПЗС-ФОТОМЕТР  
ТЕЛЕСКОПА ЦЕЙС-1000

отчет САО  
№ 231

Специальная Астрофизическая Обсерватория РАН

"УТВЕРЖДАЮ"

М.Б. Директор САО РАН

14 09 1994 г.

## О Т Ч Е Т

ПЗС-фотометр телескопа Цейсс-1000

Зиньковский В.В.  
Кайсин С.С.  
Копылов А.И.  
Левитан Б.И.  
Неизвестный С.И.  
Тихонов Н.А.

Специальная Астрофизическая Обсерватория,  
Российская Академия наук

Нижний Архыз, Карачаево-Черкесская республика,

Россия, 357147

Сентябрь-1994

## Contents

<b>1 Введение</b>	<b>2</b>
<b>2 Описание основных узлов фотометра</b>	<b>2</b>
2.1 Параметры используемой ПЗС . . . . .	2
2.2 Фильтры . . . . .	3
2.3 Затвор . . . . .	4
2.4 Внутренние источники стандартного излучения. Плоское поле . . . . .	9
2.5 Редуктор поля . . . . .	9
2.6 Электроника . . . . .	9
2.7 Аппаратурно-программный интерфейс связи ПЗС-фотометра с центральной ЭВМ сбора . . . . .	11
<b>3 Фотометрическая система. Редукция в стандартную систему</b>	<b>20</b>
<b>4 Квантовая эффективность</b>	<b>23</b>
<b>5 Краткое описание процедуры наблюдений</b>	<b>23</b>
5.1 Подготовка к наблюдениям . . . . .	23
5.2 Основные команды, используемые в процессе наблюдений . . . . .	26
<b>6 Развитие фотометра</b>	<b>27</b>
<b>A Инструкция по подключению ПЗС-фотометра</b>	<b>30</b>

## List of Tables

1 Коэффициенты электронного преобразования (el/ADU) . . . . .	3
2 Размещение фильтров по позициям турели . . . . .	4
3 Кривые пропускания интерференционных фильтров . . . . .	6
4 Характеристики интерференционных фильтров . . . . .	7
5 Состав широкополосных фильтров . . . . .	7
6 Кривые реакции широкополосных фильтров . . . . .	8
7 Характеристики широкополосных фильтров . . . . .	21
8 Формулы трансформации в стандартную систему . . . . .	21
9 Квантовая эффективность K585 в зависимости от длины волны . . . . .	25
10 Квантовая эффективность и скорость счета в широкополосной системе . . . . .	26
11 Координаты "пустых" площадок для съемки плоских полей . . . . .	27

**List of Figures**

1	Кривые пропускания интерференционных фильтров . . . . .	5
2	Кривые реакции широкополосной системы . . . . .	22
3	Квантовая эффективность матрицы K585 . . . . .	24
4	Зависимость фокусного расстояния от температуры . . . . .	28

## 1 Введение

ПЗС фотометр телескопа Цейсс-1000 построен с применением штатного комплекта системы регистрации астрономических изображений на матрице с объемным каналом [1], [2].

Конструкция фотометра выполнена с учетом следующих основных требований:

1. Полное дистанционное управление: возможность автоматического управления посредством ЭВМ, а также с локального пульта, расположенного вблизи фотометра;
2. Жесткость конструкции и воспроизводимость при установке узлов;
3. Простота в эксплуатации и установки в фокус Кассегрена;
4. Полная светоизоляция<sup>1</sup>;
5. Минимальное размещение электроники в теле фотометра с целью уменьшения его подогрева;
6. Простота доступа ко всем деталям фотометра в случае необходимости их замены;
7. Возможность развития.

Идеологически система управления и сбора выполнена аналогично системе СФК в фокусе Несмит-1 БТА, системе ПЗС фотометра ПФ БТА и магнитометра БТА. Система делится на два основных уровня:

1. Уровень host-ЭВМ, обеспечивающий непосредственно взаимодействие с оператором-наблюдателем и содержащий всю минимально необходимую сервисную оболочку;
2. Уровень спутниковой ЭВМ, выполняющий прямое воздействие на все узлы фотометра, формирование исходной фотометрической и вспомогательной диагностической информации, приема-передачи данных удаленному носителю.

Дальнейшее развитие системы сбора (см. раздел 6) предусматривает переход в операционную среду Linux и работу непосредственно в международной системе MIDAS, что позволит оперативно проводить анализ получаемого материала в режиме on-line и существенно повысить его качество.

## 2 Описание основных узлов фотометра

### 2.1 Параметры используемой ПЗС

Тип: К 585;

Изготовитель: "Электрон", Санкт-Петербург;

Полный размер кадра: 530\*580 элементов;

Область overscan: 0 - 9 копонки (bias: 10\*520);

Число элементов фоточувствительной области:

по вертикали - 580;

по горизонтали - 520;

выходной регистр - 544;

<sup>1</sup>Эксплуатация показала, что в дневное время при открытом куполе и закрытом затворе уровень регистрациумного темнового фона такой же, что и при регистрации в темное ночное время.

Gein	48::	30	14	7
No.	0	1	2	3

Измерения проведены 12 мая 1994 года.

Table 1: Коэффициенты электронного преобразования (el/ADU)

Обрабатываемая область кадра изображения: 520\*578 (0 и 580 столбцы обычно не обрабатываются из-за помех);

Размер элемента:

по вертикали - 18 мкм;

по горизонтали - 24 мкм;

Фоточувствительная область:

по вертикали - 9.4 мм;

по горизонтали - 13.9 мм;

Виртуальная фаза, объемный канал, кадровый перенос;

Управление переносом: двухфазное;

Спектральный диапазон чувствительности: 350 - 1100 нм;

Шум считывания: 18 el.;

Неравномерность сигнала: 10 %;

Неоднородность чувствительности: 2 %;

Максимальный переносимый заряд (глубина потенциальной ямы на пиксел):

200000 электронов;

АЦП считывания: 13 разрядов;

Ограничение по переполнению на пиксел: 8192 ADU.

Угловой размер элемента матрицы, установленной в фокусе Кассегрена телескопа Цейсс-1000:

(масштаб в фокальной плоскости без редуктора: 15.27"/мм);

(масштаб в фокальной плоскости с редуктором: 15.34"/мм\*K);

размер элемента без редуктора: 0.275"\*0.366"

размер элемента с редуктором: (0.276"\*0.368")\*K,

где K -- коэффициент редукции, например, при K=2.0 размер элемента:

0.552"\*0.736"

Угловой размер фоточувствительной поверхности матрицы:

без редуктора: 142.9"\*212.5"

с редуктором (K=2.0): 287.2"\*427.1"

Коэффициенты электронного преобразования для разных значений усиления приведены в Таблице 1. Более подробное описание используемой ПЗС-техники можно найти в работе [5].

## 2.2 Фильтры

Турель фильтров расположена в непосредственной близости у рабочей поверхности ПЗС-матрицы: расстояние между центрами фильтров и этой поверхностью составляет около 20 мм. Турель имеет 8 гнезд, в которых находятся фильтры. Диаметр гнезда равен 40.1 мм, максимально возможная толщина фильтра - 8 мм. Устанавливаемые фильтры фиксируются тремя съемными зажимами, поэтому они могут быть легко заменены на другие. Каждая позиция турели имеет свой датчик, поэтому сразу после включения питания фотометра в

микропроцессоре С-180 имеется признак установленного в пучке фильтра. В Таблице 2 приведено размещение фильтров по позициям турели.

Номер позиции	0	1	2	3	4	5	6	7
Фильтр	5010	6569	6738	I	R	V	B	U

Table 2: Размещение фильтров по позициям турели

Центральные длины волн узкополосных интерференционных фильтров рассчитаны для линий [OIII] 5007 Å, H $\alpha$  6563 Å, [SII] 6734 Å при работе в параллельном пучке. При работе в пучке кассегреновского фокуса Цейсс-1000 F/13.28 центральные длины волн смещаются в длинноволновую сторону примерно на 4 Å. Толщина интерференционных фильтров одинакова<sup>2</sup> и составляет 3.8 мм. Кривые пропускания фильтров даны в Таблице 3.

Широкополосные фильтры в сочетании с ПЗС-матрицей типа K585 реализуют систему, близкую к системе Казинса. Фильтры составлены из оптических цветных стекол стандартного полива ГОСТ 9411-75. Параметры фильтров приведены в Таблице 7.

Кривые спектрального пропускания фильтров (с учетом спектральной чувствительности матрицы K585 [5]) приведены на Рисунке 2 и в Таблице 6.

**ПРИМЕЧАНИЕ :** Для левого крыла системы U (в Таблицах помечено значком '\*') приведены экстраполированные значения по причине невозможности точного измерения на имеющемся в САО монохроматоре в этом диапазоне спектра.

## 2.3 Затвор

В качестве затвора, формирующего экспозиции, в данном варианте фотометра использован вращающийся диск, состоящий из четырех секторов. Два из них, диаметрально противоположных, содержат сплошные отверстия, при установке которых в оптический тракт обеспечивается прохождение невиньетируемого пучка диаметром 55 мм. Другие два имеют двойное назначение:

1. Полное перекрытие входного потока, собственно функции затвора;
2. Использование белых матовых экранов, расположенных на внутренних сторонах секторов диска, для формирования плоского поля.

Данная конструкция позволяет осуществление однообразного движения затвора при его открытии и закрытии, что неискажает значение равномерности эффективной экспозиции по полю. Время открытия и закрытия затвора в типичных условиях эксплуатации составляет около 0.2 сек. Затвор снабжен двумя датчиками позиции: положение "открыто" и положение "закрыто". Узел затвора снабжен несколькими вариантами диагностики состояния и управления (см. раздел 2.6). Так, при необходимости можно изменить динамические характеристики движения затвора, подбирая программным методом напряжение и время начального разгона двигателя затвора, изменяя время его питания после разгона. При измерении на-

<sup>2</sup>Отличие толщин интерференционных и широкополосных фильтров приводит к изменению фокусного расстояния – это обстоятельство необходимо помнить при переходе от одного типа фильтров к другому !

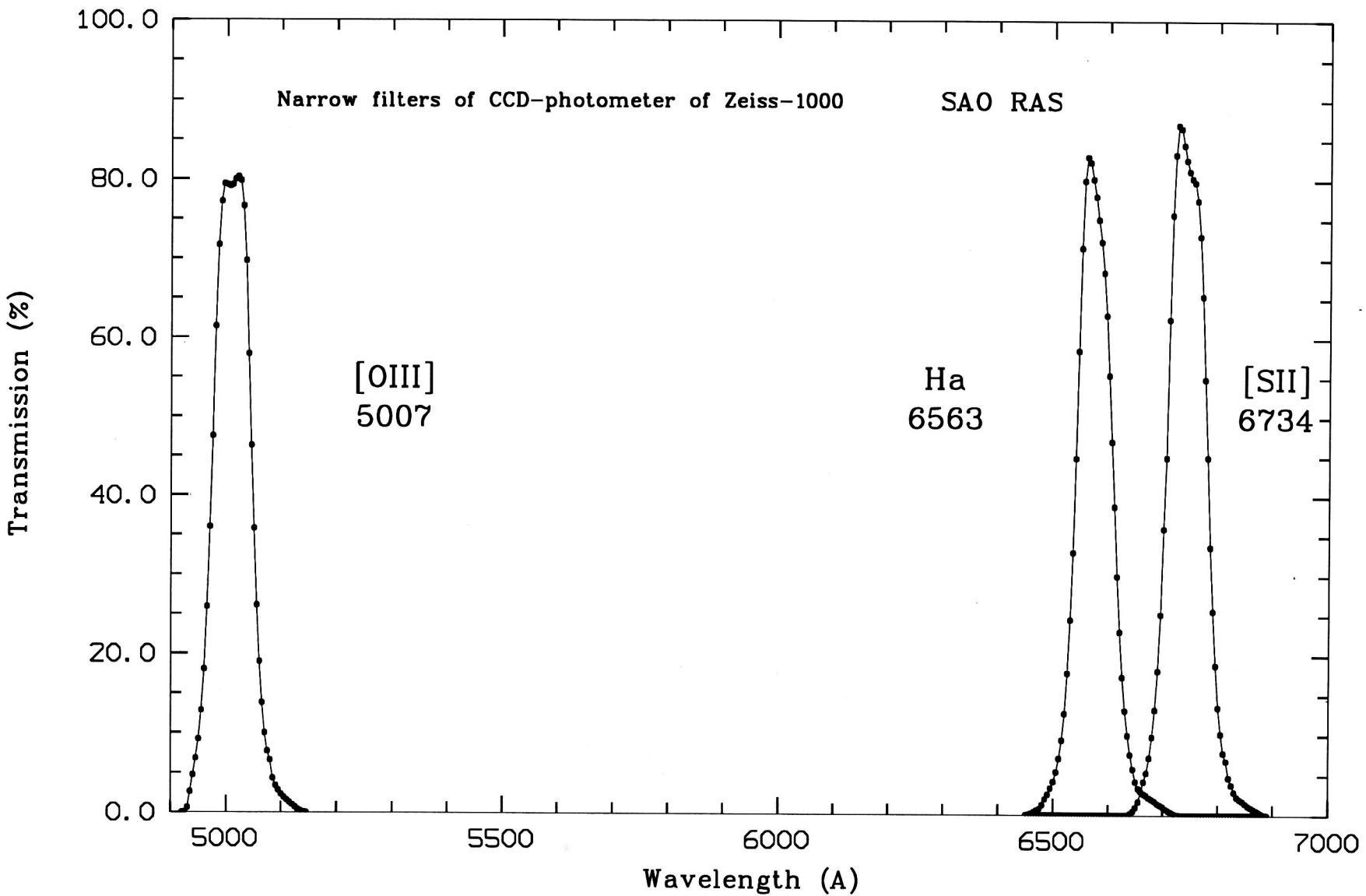


Figure 1: Кривые пропускания интерференционных фильтров

$\lambda, \text{\AA}$	[OIII]	$\lambda, \text{\AA}$	H $\alpha$	[SII]	$\lambda, \text{\AA}$	H $\alpha$	[SII]
4920	0.0	6450	0.0	0.0	6680	2.0	9.8
4925	0.0	6455	0.1	0.0	6685	1.8	13.2
4930	0.6	6460	0.2	0.0	6690	1.5	18.1
4935	2.6	6465	0.4	0.0	6695	1.3	25.2
4940	4.7	6470	0.6	0.0	6700	1.1	36.0
4945	6.8	6475	0.8	0.0	6705	0.8	45.0
4950	9.2	6480	1.3	0.0	6710	0.6	62.5
4955	12.8	6485	2.0	0.0	6715	0.4	75.7
4960	18.0	6490	2.6	0.0	6720	0.2	83.3
4965	25.9	6495	3.4	0.0	6725	0.1	87.0
4970	36.0	6500	4.2	0.0	6730	0.0	86.6
4975	47.5	6505	5.4	0.0	6735	0.0	84.5
4980	61.4	6510	7.1	0.0	6740	0.0	82.6
4985	71.7	6515	9.4	0.0	6745	0.0	81.2
4990	77.2	6520	12.7	0.0	6750	0.0	80.3
4995	79.4	6525	17.8	0.0	6755	0.0	79.8
5000	79.3	6530	24.5	0.0	6760	0.0	77.5
5005	79.1	6535	33.0	0.0	6765	0.0	73.0
5010	79.3	6540	44.9	0.0	6770	0.0	65.4
5015	80.0	6545	58.5	0.0	6775	0.0	54.9
5020	80.3	6550	71.5	0.0	6780	0.0	45.0
5025	79.8	6555	80.0	0.0	6785	0.0	33.7
5030	76.6	6560	83.0	0.0	6790	0.0	25.6
5035	69.7	6565	82.3	0.0	6795	0.0	18.8
5040	57.9	6570	80.2	0.0	6800	0.0	13.5
5045	46.3	6575	78.0	0.0	6805	0.0	10.2
5050	35.8	6580	75.1	0.0	6810	0.0	7.8
5055	26.1	6585	72.3	0.0	6815	0.0	6.8
5060	19.0	6590	68.4	0.0	6820	0.0	4.7
5065	13.8	6595	63.0	0.0	6825	0.0	3.8
5070	10.0	6600	55.4	0.0	6830	0.0	2.9
5075	7.7	6605	47.0	0.0	6835	0.0	2.3
5080	6.6	6610	38.8	0.0	6840	0.0	2.0
5085	4.3	6615	30.0	0.0	6845	0.0	1.8
5090	3.4	6620	23.0	0.0	6850	0.0	1.5
5095	2.8	6625	17.3	0.0	6855	0.0	1.2
5100	2.3	6630	13.1	0.0	6860	0.0	1.0
5105	1.9	6635	10.0	0.0	6865	0.0	0.8
5110	1.6	6640	7.6	0.2	6870	0.0	0.6
5115	1.3	6645	5.8	0.5	6875	0.0	0.4
5120	1.0	6650	4.2	1.0	6880	0.0	0.2
5125	0.7	6655	3.4	1.7	6885	0.0	0.1
5130	0.4	6660	3.0	3.0	6890	0.0	0.0
5135	0.2	6665	2.7	4.2			
5140	0.1	6670	2.5	5.3			
5145	0.0	6675	2.2	7.2			

Table 3: Кривые пропускания интерференционных фильтров

Фильтр ( $\lambda_c$ )	5010	6569	6738
FWHM, Å	76	70	79
Пропускание в макс., %	80	83	87
уровень 0.5, $\lambda_l$	4972	6538	6702
$\lambda_r$	5048	6608	6781
уровень 0.1, $\lambda_l$	4847	6512	6677
$\lambda_r$	5074	6638	6809

Table 4: Характеристики интерференционных фильтров

---

U	B	V	R	I
УФС--2 (1.5)	СС--5 (2.0)	ЖС--17 (2.0)	ОС--14 (2.0)	КС--15 (2.0)
СЗС--21(3.1)	СЗС--21(3.6)	СЗС--21(3.6)	СЗС--26(3.6)	СЗС--20(3.6)
кварц (1.0)				

---

В скобках указана толщина стекол в миллиметрах.

**ПРИМЕЧАНИЕ :** Суммарная толщина всех широкополосных фильтров одинакова и составляет 5.6 мм.

Table 5: Состав широкополосных фильтров

.	U	B	V	R	I	R	I
3050	0.000	-	4750	0.000	-	7400	0.133 0.825
3100	0.000*	-	4800	0.027	-	7450	0.105 0.763
3150	0.015*	-	4850	0.079	-	7500	0.078 0.701
3200	0.085*	-	4900	0.160	-	7550	0.049 0.645
3250	0.147*	-	4950	0.280	-	7600	0.024 0.584
3300	0.239*	-	5000	0.345	-	7650	0.016 0.520
3350	0.342*	-	5050	0.396	-	7700	0.012 0.448
3400	0.454*	-	5100	0.478	-	7750	0.009 0.382
3450	0.567*	-	5150	0.620	-	7800	0.006 0.308
3500	0.675*	-	5200	0.748	-	7850	0.003 0.255
3550	0.796*	-	5250	0.819	-	7900	0.001 0.199
3600	0.880*	0.000	5300	0.894	-	7950	0.000 0.162
3650	0.951*	0.002	5350	0.965	-	8000	0.000 0.136
3700	0.988*	0.014	5400	0.994	-	8050	0.000 0.119
3750	0.994*	0.031	5450	1.000	-	8100	0.000 0.102
3800	1.000	0.087	5500	1.000	-	8150	0.000 0.096
3850	0.980	0.230	5550	0.992	0.000	8200	0.000 0.079
3900	0.862	0.458	5600	0.948	0.017	8250	0.000 0.062
3950	0.675	0.717	5650	0.893	0.043	8300	0.000 0.047
4000	0.451	0.840	5700	0.826	0.109	8350	0.000 0.036
4050	0.282	0.878	5750	0.781	0.262	8400	0.000 0.025
4100	0.204	0.906	5800	0.730	0.417	8450	0.000 0.020
4150	0.120	0.927	5850	0.668	0.706	8500	0.000 0.014
4200	0.068	0.943	5900	0.615	0.795	-	
4250	0.012	0.986	5950	0.560	0.826	-	
4300	0.000	0.994	6000	0.487	0.880	-	
4350	-	0.999	6050	0.443	0.935	-	
4400	-	1.000	6100	0.392	0.990	-	
4450	-	0.996	6150	0.336	1.000	-	
4500	-	0.984	6200	0.300	0.995	-	
4550	-	0.939	6250	0.261	0.978	-	
4600	-	0.890	6300	0.217	0.952	0.000	
4650	-	0.828	6350	0.183	0.925	0.002	
4700	-	0.781	6400	0.150	0.890	0.008	
4750	-	0.726	6450	0.095	0.787	0.095	
4800	-	0.674	6500	0.048	0.748	0.260	
4850	-	0.622	6550	0.023	0.699	0.418	
4900	-	0.570	6600	0.010	0.664	0.570	
4950	-	0.513	6650	0.007	0.621	0.642	
5000	-	0.458	6700	0.004	0.579	0.794	
5050	-	0.404	6750	0.002	0.540	0.827	
5100	-	0.350	6800	0.000	0.504	0.870	
5150	-	0.300	6850	0.000	0.470	0.904	
5200	-	0.246	6900	0.000	0.436	0.939	
5250	-	0.201	6950	0.000	0.409	0.964	
5300	-	0.155	7000	0.000	0.374	0.992	
5350	-	0.113	7050	0.000	0.340	1.000	
5400	-	0.089	7100	0.000	0.311	0.995	
5450	-	0.054	7150	0.000	0.283	0.981	
5500	-	0.032	7200	0.000	0.251	0.962	
5550	-	0.013	7250	0.000	0.224	0.947	
5600	-	0.006	7300	0.000	0.196	0.925	
5650	-	0.000	7350	0.000	0.162	0.898	. (27 марта 1994)

Table 6: Кривые реакции широкополосных фильтров

блюдаемого астрономического объекта область затвора с секторами матового экрана уходит в светозащищенные ножны, что исключает возможность формирования бликов<sup>3</sup>.

## 2.4 Внутренние источники стандартного излучения. Плоское поле

Набор внутренних источников стандартного излучения состоит из двух обойм светодиодов по 4 светодиода и двух ламп накаливания. Эти стандарты излучения питаются схемой стабилизации по току. Спектральные характеристики излучения светодиодов (сине–желтое излучение) позволяет проводить контроль и калибровки в фильтрах B, V R, I. Поскольку светодиоды имеют квазимонохроматическое излучение (в двух узких полосах), их можно использовать для устранения эффекта муаровости (*fringe*), делая длительные экспозиции при слабых потоках. Лампы накаливания позволяют получать засветку с фиксированным потоком не только в вышеперечисленных фильтрах, но также в фильтре U. Внутренние источники используются для контроля работы матрицы и получения плоских полей с целью устранения высокочастотных пространственных шумов. Для устранения низкочастотных шумов необходимо использовать фреймы плоского поля, полученные по сумеречному небу.

## 2.5 Редуктор поля

В конструкции фотометра заложена возможность установки в работающем пучке перед турелью фильтров дополнительных оптических элементов (объективной призмы, эшеллата, др.). В настоящее время в этом месте установлен узел фокального редуктора. Масштаб и размеры поля, получаемого с редуктором, приведены в разделе 2.1. Коэффициент редукции может изменяться в пределах от 1.4 до 3.2. В данное время это значение выбрано около 2.05. Поглощение оптики редуктора в полосе V составляет 0.206 зв.вел. (т.е. пропускание равно соответственно 82.7%).

Ввиду большого "завала" плоского поля к краю планируется замена редуктора на специализированный, обеспечивающий хорошую равномерность по всему формату матрицы.

## 2.6 Электроника

### Модуль управления платформой

Модуль управления платформой (МУП) предназначен для автоматического управления от РС – компьютера платформой, на которой устанавливается ПЗС-криостат в кассегреновском фокусе телескопа Ц-1000. МУП выполнен в КАМАК стандарте и устанавливается на свободном месте в крейте с модулями управления ПЗС. От компьютера производится управление следующими функциями:

1. Открытие/закрытие затвора;
2. Смена позиций турели фильтров;
3. Установка уровня светодиодной засветки;
4. Задание длительности и старт экспозиции.

Модуль выполняет следующие КАМАК-функции:

- NA0F0 – чтение регистра таймера – Чт time;

---

<sup>3</sup>Во избежание какого-либо рассеяния света все внутренние поверхности фотометра покрыты черной матовой краской.

- NA0F16 – запись регистра таймера – Зп time;
- NA1F0 – чтение регистра уровня засветки – Чт lev;
- NA1F16 – запись регистра уровня засветки – Зп lev;
- NA2F0 – чтение регистра маски и приводов – Чт mmec;
- NA2F16 – запись регистра приводов – Зп mес;
- NA0F8 – проверка запроса – Tst rec;
- NA3F16 – запись маски – Зп m.

### **Состав регистров модуля**

Рг time – регистр таймера. Разряды КАМАК – W1–W16, из них W1–W12 – разряды счетчика, W13,W14 – разряды множителя, W15 – разряд инверсии, W16 – разряд готовности. Путем занесения кода (Зп time) задается время, на которое включается светодиод засветки. Длительность засветки определяется по формуле:

$T=cnt*mtp$ , где  $T$  – время в мсек,  $cnt$  – число, соответствующее коду в разрядах 12–1 регистра,  $mtp$  – множитель, равный:

```

1, если W13=0,W14=0,
10, если W13=1,W14=0,
100, если W13=0,W14=1,
1000, если W13=1,W14=1.

```

Разряд готовности в исходном состоянии (после С и Z сброса) равен 0, после занесения в него 1 начинается отработка временного интервала засветки, после окончания которого разряд готовности снова принимает значение 0. Разряд инверсии (15) определяет включение/выключение светодиода в зависимости от значения разряда готовности. Если разряд инверсии равен 0, то светодиод включен, когда разряд готовности =1 и выключен, когда разряд готовности =0. Если разряд инверсии равен 1, то светодиод включен, когда разряд готовности =0 и выключен, когда =1. Чтение Рг time производится по команде NA0F0. КАМАК-сигнал 'Q' равен '1' в случае, если разряд готовности находится в '0' и равен '1', если разряд готовности установлен в '0'.

Рг lev – регистр уровня засветки. 10-ти разрядный регистр, доступный по записи и чтению. Значение кода в Рг lev линейно определяет (с помощью ЦАП) величину тока, проходящего через светодиод. Максимальное значение тока равно 5 ма (все разряды Рг lev равны 1), минимальное – около 5 мка.

Рег mmec – регистр маски и механики состоит, в свою очередь, из одноразрядного регистра маски (Рг m) и регистра приводов (Рг mес). Регистр приводов включает в себя регистр датчиков (Рг sens) и регистр затвора и фильтров (Рг зф). Разряды Рег mmec распределены следующим образом:

```

1 - 8 разряды Рг sens,
9, 10 разряды Рг зф,
16      разряд Рг m.

```

Чтение всех разрядов Рг ттмес производится командой Чт ттмес (NA2F0). Запись маски производится командой Зп т (NA3F16). При выполнении этой команды значение маски определяется значением разряда КАМАК W16. Запись регистра затвора и фильтров производится по команде Зп тмес (NA2F16), при этом занесение 1 в разряд 9 Рг эф вызывает включение двигателя поворота затвора, занесение 0 приводит к останову этого двигателя. Занесение 1 в разряд 10 Рг эф приводит к включению двигателя поворота турели фильтров, 0 в этом разряде вызывает останов двигателя. Следует отметить, что двигатели приводов в нормальном режиме работы должны включаться на непродолжительные интервалы времени, не более 1 сек. С целью исключения более длительного времени непрерывного вращения двигателей электроника модуля содержит схему блокировки, которая выключает соответствующий двигатель при его непрерывном включении на время более 1.5 сек. Разряд управления (9 или 10) при этом остается в 1. Для того, чтобы снова включить двигатель, необходимо предварительно сбросить в 0 соответствующий разряд управления. Регистр датчиков (Рг sens) из состава Рг тмес отражает положение затвора и турели фильтров таким образом, что двоичный код в разрядах 1,2 и 3 определяет положение турели фильтров (всего 8 положений), 0 в разряде 4 указывает на истинность значения кода в разрядах 1 – 3 , разряды с 5 по 7 определяют положение затвора в соответствии с таблицей:

#### Разряды 7 6 5      Положение затвора

1 0 1	затвор открыт
1 1 0	затвор закрыт
0 1 1	промежуточное положение

Другие кодовые комбинации в этих разрядах являются запрещенными. Разряд 8 регистра является индикатором наличия напряжения +24в питания двигателей. 1 в этом разряде означает, что напряжение в норме, 0 означает отсутствие напряжения питания +24в.

## 2.7 Аппаратурно-программный интерфейс связи ПЗС-фотометра с центральной ЭВМ сбора

### Принципы построения, архитектура, базовые элементы.

Система построена в стандарте КАМАК и работает под управлением микропроцессорного крейт-контроллера типа С180А. Базовое программное обеспечение контроллера – программа Монитор [2], записанная в его ПЗУ, – подверглась значительной переработке. Это вызвано необходимостью программной поддержки новых аппаратных средств, использованных в ПЗС-системе, а также практической необходимостью реализовать дополнительные функции, отсутствующие в стандартном Мониторе. Это новые директивы С и V, переработанная директива R. С помощью директивы V стало возможным управлять модулями КАМАК непосредственно с host-ЭВМ. Это позволяет пользователям наращивать свои ПЗС-системы средствами автоматизации не затрагивая существующих программ управления ПЗС-системой.

### 1. Доработки контроллера С180А для работы в составе ПЗС-системы.

#### 1.1. В стандартный монитор контроллера внесены изменения:

- убраны драйверы перфоратора и перфосчитывателя;
- на освободившееся место добавлены драйверы ввода/вывода ин-

терфейса последовательной связи (ИПС);

- незначительно изменена процедура загрузки;
- изменена процедура инициализации контроллера. После включения питания или сброса контроллер проверяет станцию 1. Если она не занята модулем, то логические устройства - консоль, считающее устройство, перфоратор и устройство листинга присоединяются к схеме последовательной передачи ( K580BB51 ) в контроллере. После этого диалог с С180А осуществляется по интерфейсу RS-232C через разъем на передней панели контроллера.

Если же обнаруживается ответ Q от станции 1, то связь контроллера с управляющей ЭВМ будет осуществляться через модуль ИПС.

1.2. Расширена память на плате процессора до 3 Кбайт.

1.3. Контактное поле сигналов LAM распаяно так, что общий сигнал прерывания L SUM = LAM1.

1.4. Проложена связь между контактом Y2 и выв.2 микросхемы 580ГФ24 для сброса контроллера сигналом от ИПС. Здесь Y2 - контакт разъема шины КАМАК, второй снизу на плате процессора со стороны установки микросхем.

## 2. Директивы монитора контроллера С180А.

Монитор - это программа, хранящаяся в постоянном запоминающем устройстве (ПЗУ), которую микропроцессор начинает выполнять после включения питания. Монитор предоставляет пользователю некоторые возможности общения с контроллером, реализованные в виде набора директив. Директива - это один символ, за которым могут следовать числовые параметры до трех. В приведенном ниже перечне директив монитора параметр, заключенный в угловые скобки является обязательным, фигурные скобки ограничивают необязательные параметры, а варианты завершения ввода директивной строки приведены в квадратных скобках. При вводе параметров следует иметь в виду, что воспринимаются только последние четыре, для адресов, или два, для байтов данных, знака. В случае ошибочного ввода монитор выдает знак ошибки '#'.

Краткий список директив:

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| C<addr>[ , ] [ ] [^] [Enter]      | - чтение/модификация содержимого ячейки из пространства адресов КАМАК; |
| D<addr1><,addr2>[Enter]           | - вывод дампа памяти;  |
| E<addr>[Enter]                    | - вывод заканчивающей записи;  |
| F<addr1><,addr2><,pattern>[Enter] | - заполнение области ОЗУ байтами <pattern>;                            |
| G{<addr1>{<,addr2>}}[Enter]       | - запуск программы;  |

M<addr1><,addr2><,addr3>[Enter]	- копирование области ОЗУ;
R<offset>[Enter]	- загрузка программы в ОЗУ;
S<addr>[ ][Enter]	- модификация ячеек ОЗУ;
U<addr1><,addr2>[Enter]	- подсчет контрольной суммы;
V	- работа в режиме удаленного КАМАК-контроллера;
W<addr1><,addr2>[Enter]	- вывод области ОЗУ в загрузочном формате;
X{<reg>}[ ][Enter]	- вывод/модификация содержимого регистров микропроцессора;
Z	- генерация Z-цикла.

### Описание директив

#### 2.1. С - чтение и модификация КАМАК регистра

В качестве параметра вслед за символом С необходимо ввести адрес КАМАК регистра. Пространство КАМАК адресов является частью общего адресного пространства микропроцессора и начинается с адреса 0F800h. Формат КАМАК адресов следующий (по-битно):

1 1 1 1 1 0 0 N16 N8 N4 N2 N1 A8 A4 A2 A1

Например, если необходимо обратиться по субадресу 12 модуля, установленного в позиции 9, то двоичный адрес будет выглядеть как

1111 1000 1001 1100

Следовательно, директиву нужно ввести следующим образом - CF89C, и завершить ввод одним из допустимых символов:

- [,] - чтение (функцией F0) заданного КАМАК адреса,
- [ ] - чтение последовательно возрастающих адресов,
- [^] - чтение последовательно убывающих адресов,
- [Enter] - выход из директивы.

После прочтения регистра можно ввести новое значение, которое будет передано по соответствующему адресу функцией F16.

#### 2.2. D - вывод дампа памяти

Директива требует указания начального и конечного адресов области ОЗУ.

#### 2.3. E, W - директивы вывода в загрузочном формате

Директива W предназначена для вывода области ОЗУ ограниченной начальным и конечным адресами <addr1> и <addr2> в гексадцатиричном формате, воспринимаемом директивой загрузки R. Формат состоит из набора строк в ASCII коде, несущих информацию о количестве байт данных в строке, адресе загрузки строки, байты данных и контрольную сумму строки. Каждая строка начинается символом двоеточие ':'. Два следующих знака - счетчик байт, определяю-

шх число байт данных в строке. Далее, четыре знака задают адрес загрузки строки. Два знака - тип записи. Затем идут данные по два знака ASCII на байт. И, наконец, последние два знака - это контрольная сумма строки.

Сформированный подобным образом текст можно подавать в контроллер по директиве R. Этот процесс называется загрузкой контроллера. А файлы в загрузочном гексадецимальном формате имеют обычно расширение hex. Файл является полным, если он содержит так называемую заканчивающую запись. Эта запись не имеет данных, соответственно, счетчик байтов равен нулю. А адрес загрузки имеет смысл адреса с которого загруженная программа будет стартовать. Вывести подобную запись из контроллера можно с помощью директивы E<addr>.

Стоит заметить, что программное обеспечение контроллера создается с помощью специальных программных кросс-средств. Программы готовятся обычно на языке ассемблера или С. Затем, после прохождения текста программы через кросс-ассемблер или кросс-компилятор С, образуется файл в hex-формате. Использование же директив W и E просто дает возможность вывести какой-то кусок памяти контроллера в загрузочном формате. Например, можно ввести какую-то небольшую программу в кодах директивой S, а затем вывести ее для последующего повторного использования. Опять же, стоит отметить, что сохранить вывод в файле на диске возможно только при использовании программы эмулятора терминала EML, о чем далее будет.

#### 2.4. F - заполнение ОЗУ

Директива позволяет прописать заданную область памяти указанным значением. Во все байты от <addr1> до <addr2> помещается код <pattern>. С помощью этой директивы чаще всего 'обнуляют' память. При этом следует помнить, что нельзя трогать первые двенадцать и последние 128 байт ОЗУ на плате процессора, которые используются монитором.

#### 2.5. G - запуск программы

Если в память контроллера введена каким-то образом программа, то запустить ее можно директивой G с указанием адреса старта. Дополнительно можно указать адрес останова при достижении которого управление передается в монитор и, например, можно посмотреть состояние регистров процессора директивой X или исследовать память контроллера - D, S.

Если загрузка программы происходила по директиве R, то адрес старта из завершающей записи запоминается монитором. Запустить программу в этом случае можно заданием директивы G без параметров.

#### 2.6. M - копирование ОЗУ

Скопировать часть ОЗУ по некоему другому адресу можно с помощью директивы M. Параметры <addr1> и <addr2> задают область-источник, а адрес назначения вводится третьим параметром.

### 2.7. R - загрузка программ

По этой директиве программа контроллера записанная в hex-формате может быть загружена в его ОЗУ. Параметр <смещение> складывается с адресом загрузки строки. Обычно используется формат директивы R0[Enter] с загрузкой программы без перемещения. Файл загрузочного формата обязательно должен содержать заканчивающую запись. Иначе выход из директивы возможен только по сбросу контроллера.

### 2.8. S - модификация ячеек памяти

Посмотреть и изменить содержимое ячеек ОЗУ дает возможность директива S. Если ввод параметра - адреса ячейки завершить пробелом (или запятой), то после вывода текущего содержимого ячейки контроллер ожидает ввода нового значения. Переход к следующей ячейке происходит при нажатии клавиши Пробел. Завершение работы директивы и возврат в монитор - клавиша Enter.

### 2.9. U - подсчет контрольной суммы

Подсчет контрольной суммы области ОЗУ позволяет в некоторой степени контролировать целостность данных или кода программы, записанных в эту область.

### 2.10. V - удаленный крейт-контроллер

С помощью этой директивы контроллер переводится в режим исполнения KAMAK команд, поступающих через модуль ИПС в определенном формате.

Команда состоит из слова NAF упакованного по битам 16-разрядного слова следующим образом:

```
F16 F8 F4 F2    F1 EX ST N16   N8 N4 N2 N1   A8 A4 A2 A1
```

Если бит EX=1, то после выполнения заданной команды происходит возврат в монитор. В противном случае контроллер будет ожидать очередную команду.

После отработки задания контроллер возвращает ответ - значения разрядов R1..R16, кроме тех случаев, когда задавалась одна из команд группы функций записи. Группа функций записи выделяется по шаблону 100xx. То есть сюда попадают все функции от F16 до F19. При обнаружении такой команды контроллер ожидает слово данных W1..W16. Команды записи не выводят ответ.

Если бит ST=1, то после выполнения заданной KAMAK функции (кроме функций записи) в младшем байте ответа будет возвращено содержимое регистра состояния KAMAK. В старшем байте - состояние разрядов R8..R16 шины R. Использование бита ST позволяет выполнять функции типа F8 с проверкой ответа Q. Формат регистра состояния:

```
+-----+
SB | Q | DI | - | I | INTE | MPBL | PF | - | LSB
+-----+
```

Q – ответ Q из последней операции КАМАК. Остальные биты представляют малый интерес. Информацию по ним желающие могут найти в "Инструкции по обслуживанию Ч. 1" контроллера С180.

Таким образом, каждая из команд, выполняемых контроллером в данном режиме, требует двух передач по интерфейсу. Максимальная скорость выполнения КАМАК операций в этом режиме может достигать 6000–6200 команд в секунду.

#### 2.11. X – просмотр регистров микропроцессора

Директива бывает иногда полезна при отладке программ. Запуск программы производится директивой G с остановом в контрольных точках и последующим просмотром регистров директивой X. Директива X<reg>[ ] позволяет вывести содержимое выбранного регистра и изменить его.

#### 2.12. Z – генерация Z-цикла

### 3. Эмулятор терминала

3.1. Программа EML.C (EMulator – Loader) выполняет функции эмулятора терминала для работы с С180 с консоли РС. Все директивы монитора С180 выполняются так, как это изложено выше. Исключение составляют директивы R, W, E и команда эмулятора I.

3.2. Директива R – чтение записи в гексадецимальном формате. При задании директивы R<смещение> запрашивается имя файла загружаемой программы. Требуется ввести имя без расширения. Процедура загрузки будет искать файл с расширением 'hex' в текущей директиве. В остальном работа директивы совпадает с описанным. Таким образом, для загрузки программы в память контроллера С180 необходимо ввести в ответ на запрос '>' :

R0 <cr>

Передача каждой строки гексадецимального формата инцинируется звездочкой '\*'. Если после загрузки не было сброса контроллера, то запустить программу на исполнение можно директивой G без параметра.

3.3. Директивой W можно выгрузить участок памяти контроллера в **БИБЛИОТЕКА** **файл на диск**. После ввода директивы W<мп.апрес>,<ст.апрес> у опе-

ратора запрашивается имя файла для вывода. Имя необходимо ввести без расширения. Указанная область памяти выгружается в файл 'имя.hex' в гексадецимальном формате. Если на запрос имени нажато <Enter>, то вывод осуществляется на экран.

3.4. По директиве E в конец файла дописывается адрес старта, так называемая заканчивающая запись. Такая запись обязательно должна быть в конце загрузочного модуля гексадецимального формата, чтобы загрузка прошла нормально.

Формат директивы E<адрес старта>.

Имя файла для дозаписи в его конец заканчивающей записи вводится после запроса. Если на запрос имени нажато <Enter>, то вывод осуществляется на экран.

3.5. Команда I вызывает посылку по интерфейсу команды сброса. Сигнал сброса по линии Y2 шины КАМАК вызывает инициализацию контроллера C180A как если бы была нажата кнопка "Сброс" на передней панели контроллера.

#### 4. Программа контроллера.

4.1. Управляющая программа (УП) загружается в оперативную память контроллера по линии связи с компьютером РС. После старта и выполнения операций по инициализации программа входит в цикл ожидания команды - бит PUSK в слове CMND секции данных УП. Команды поступают по линии связи. Принят следующий протокол обмена :

- обмен осуществляется 16-разрядными словами;
- различаются слова данных - бит R16=0 и слова команд - бит R16=1;
- слово данных помещается по адресу DATL секции данных УП;
- формат командного слова:

1xxx pnnn rppp rppp , где

х - безразлично

п - номер функции (0..15)

р - параметр. Используется некоторыми функциями

Прием посылок по линии связи происходит по прерываниям. В секции данных располагается вектор переходов - 32-х байтная область, хранящая адреса точек входов в 16 подпрограмм-функций. Если по интерфейсу связи передано командное слово, то из вектора переходов выбирается п-й адрес на который и передается управление. После отработки соответствующей кодовой последовательности, возврат происходит в подпрограмму прерывания, где выполняются операции по нормальному завершению подпрограммы прерывания.

Таким образом, подпрограммы-функции выполняются внутри прерывания от интерфейса связи. Они как-бы вложены в подпрограмму

прерывания. При этом короткие функции, такие, как чтение программного регистра, запись в программный регистр, полностью выполняются внутри прерывания. Длинные функции, как накопление, например, выполняются в два этапа. Внутри прерывания выполняются действия по подготовке к последующей, основной работе. Это – запись определенных значений в ячейки секции данных, запись точки входа в основную программу функции по адресу SBR и установка бита PUSK в слове CMND. После выхода из прерывания программа, обнаружив бит PUSK, перейдет на выполнение подпрограммы с адресом старта из слова SBR.

## 5. Функции

### 5.1. RDRG – чтение регистра. Короткая функция.

В секции данных выделена область на восемь 16-битовых слов, так называемых программных регистров. Эти регистры можно как читать, так и записывать в них. Формат командного слова функции RDRG:

1xxx 0000 xxxx xrrr, где

х – безразлично,

г – номер регистра.

### 5.2. WTRG – запись в регистр. Короткая функция.

Перед посылкой слова команды необходимо передать данные (R16=0). Диапазон возможных значений от 0 до 0EFFFH достаточен для данного приложения – управление ПЗС-системой. Формат командного слова функции WTRG:

1xxx 0001 xxxx xrrr, где

х – безразлично,

г – номер регистра.

Данные для записи берутся из слова по адресу DATL секции данных. Запись возможна только в 8 программных регистрах.

### 5.3. TEST – программная имитация вывода из матрицы.

Формат командного слова функции TEST:

1xxx 0010 pppp pppp, где

х – безразлично,

р – код, выводимый в линию.

Перед вызовом этой функции в регистр NUMB(6) необходимо записать число "строк" для вывода. Здесь и далее в скобках указан номер регистра, который можно использовать в функции записи в данный регистр.

5.4. OUBC – вывод блока с предварительной очисткой выходного регистра. Формат командного слова функции OUBC:

1xxx 0011 xxxx xxxx, где

х – безразлично.

Во время работы подпрограммы функции используются значения из программного регистра IKU(2).

5.5. OUBI – вывод блока без предварительной очистки выходного регистра. Формат командного слова функции OUBI:

1xxx 0100 xxxx xxxx, где

х – безразлично.

Во время работы подпрограммы функции используются значения из программного регистра IKU(2).

5.6. OUFM – вывод матрицы.

Формат командного слова функции OUFM:

1xxx 0101 xxxx xxxx, где

х – безразлично.

Во время работы подпрограммы функции используются значения из программного регистра IKU(2) – коэффициент усиления.

5.7. EXPO – установить экспозицию.

Формат командного слова функции EXPO:

1xxx 0110 rrrr rrrr, где

х – безразлично,

р – параметр. Биты управления, переписываются в регистр CMND(0).

Во время работы подпрограммы функции используются значения из программных регистров IFLT(4) – время подсветки, IEXT(5) – продолжительность экспозиции.

5.8. ZATV – управление затвором.

Формат командного слова функции ZATV:

1xxx 0111 nnnn nnnn, где

х – безразлично,

н – 0-закрыть, 1-открыть.

## 5.9. FLTR – управление фильтрами.

Формат командного слова функции FLTR:

1xxx 1000 xxxx xNNN, где

x – безразлично,

N – номер фильтра.

## 5.10. AWKE – вывод контроллера матрицы из состояния ожидания.

Контроллер матрицы из состояния ожидания переводится в режим очистки. Короткая функция. Формат командного слова функции AWKE:

1xxx 1001 xxxx xxxx, где

x – безразлично.

## 5.11. Функции с номерами 10, 11, 12, 13 не используются в настоящее время.

## 5.12. FRPT – повторение функции.

Формат командного слова функции FRPT:

1xxx 1110 xxxx ffff, где

x – безразлично,

f – код функции – 3, 4, 5.

Эта функция использовалась при отладке вывода изображений. Зацикливаются функции OUBC, OUBI и OUFM. Для останова необходимо записать в программный регистр (6) ненулевое значение.

## 5.13. CRPT – повторение команды контроллеру матрицы. Тестовая функция. Формат командного слова функции CRPT:

1xxx 1111 xxxx nnnn, где

x – безразлично,

n – номер команды, посыпаемой в контроллер матрицы.

Для останова необходимо записать в программный регистр (6) ненулевое значение.

### 3 Фотометрическая система. Редукция в стандартную систему

Кривые реакции инструментальной системы показаны на Рисунке 2. Некоторые характеристики инструментальной системы и стандартной Джонсона (BV) – Казинса (RI) приведены

в Таблице 7.

Система	Фотометрическая система ПЗС-фотометра			Система Казинса
	Пропускание, %	λ <sub>макс</sub> — λ <sub>эфф,нм</sub>	Δλ, нм	λ <sub>макс</sub> — λ <sub>эфф,нм</sub>
U	72	380 — 370	57	365 — 360
B	64	440 — 437	109	415 — 440
V	86	545 — 547	95	535 — 550
R	82	615 — 635	96	610 — 650
I	81	705 — 735	106	810 — 805

Table 7: Характеристики широкополосных фильтров

Эффективные длины волн указаны для спектрального распределения излучения звезд класса A0 V. Для сравнения приведены параметры стандартной системы [4].

В Таблице 8 приведены формулы трансформации величин и цветов из инструментальной системы (**bvri**) в стандартную систему Джонсона (**BV**) — Казинса (**RI**):

$$\begin{aligned}
 V = & v & - 0.095*(b-v) & - 0.105*(v-r) & - 0.205*M(z) & + 22.73 \\
 & \pm 0.021 & & \pm 0.018 & & \pm 0.02 \\
 (B-V) = & 1.26*(b-v) & - 0.132*M(z) & - 0.15 & & \\
 & \pm 0.04 & & \pm 0.05 & & \\
 (V-R) = & 0.83*(v-r) & - 0.08*M(z) & - 0.15 & & \\
 & \pm 0.02 & & \pm 0.02 & & \\
 (R-I) = & 1.02*(r-i) & - 0.04*M(z) & + 1.04 & & \\
 & \pm 0.04 & & \pm 0.02 & &
 \end{aligned}$$

Table 8: Формулы трансформации в стандартную систему

Эти формулы приведены для весеннего сезона (получены в мае 1994 г.). Здесь даны средние значения коэффициентов экстинкции для весеннего сезона. Поскольку наблюдения, как правило, не проводятся на зенитных расстояниях более 60 градусов, то в этих формулах не учитывается эффект Форбса, имеющий небольшое значение (менее 0.005 зв.величины) при использовании стандартного дифференциального метода на таких зенитных расстояниях. В формулах приведены средние значения нуль-пунктов фотометрической системы для данного сета наблюдений. К сожалению погодные условия не позволили определить коэффициенты редукции с хорошей точностью, а в системе U они были получены вообще с неудовлетворительной точностью. Поэтому приводимые здесь формулы можно использовать лишь как ориентировочные.

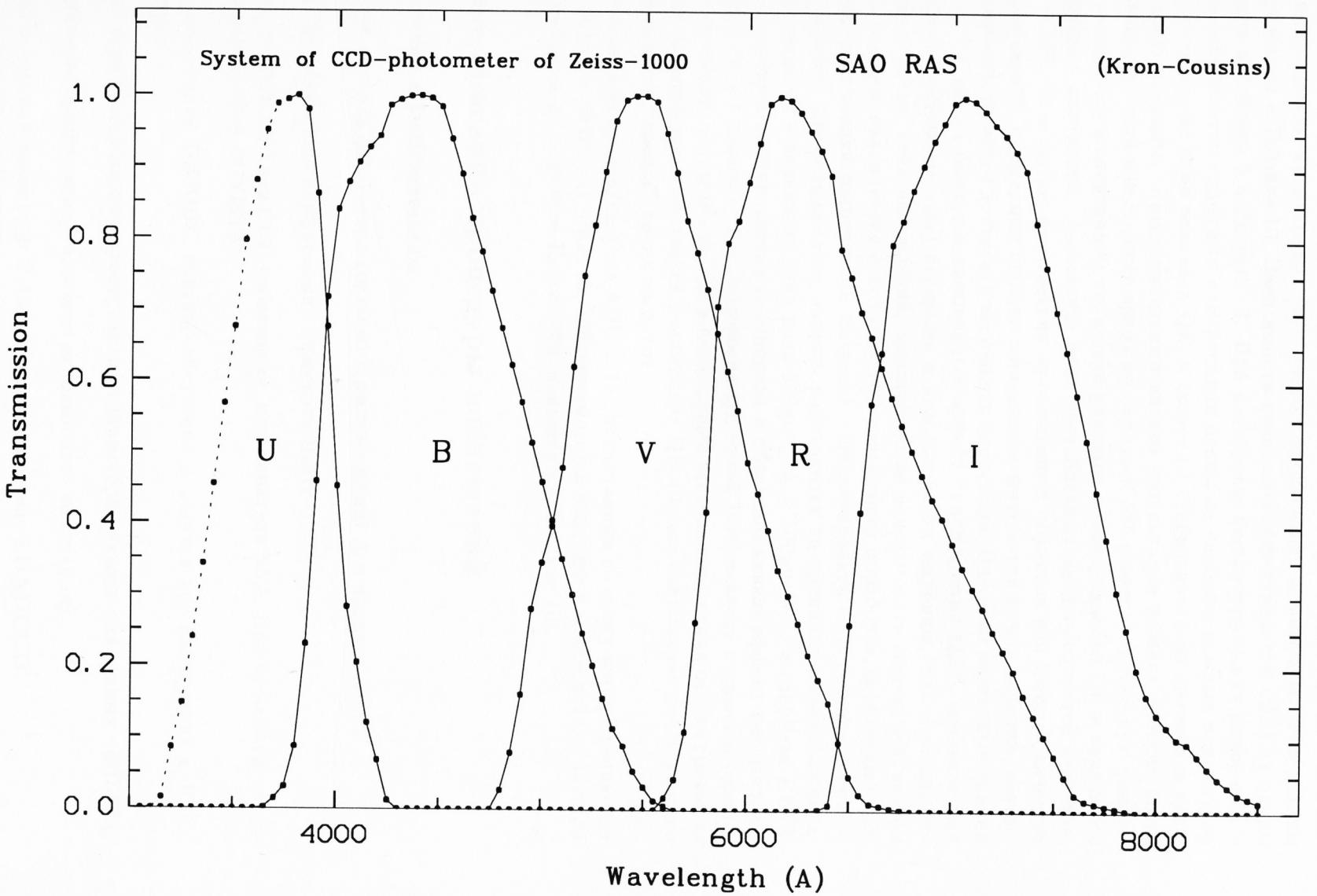


Figure 2: Кривые реакции широкополосной системы

## 4 Квантовая эффективность

Квантовая эффективность системы ПЗС + оптика телескопа в фильтрах UBVRI определялась по фотометрическим стандартам [3] с учетом пропускания атмосферы. Результаты измерений приведены в Таблице 10. Зависимость квантовой эффективности (QE) от длины волны приведена в Таблице 9 и Рисунке 3. При калибровке фотометрических измерений и сопоставлении результатов с другими измерениями одним из наиболее важных параметров является, может быть, не сама величина QE, а скорее ее стабильность во времени и однородность по полю матрицы. Предварительный анализ результатов деления плоских полей показал, что используемый в настоящее время экземпляр K 585 имеет нестабильную топологию QE, выражющуюся в спонтанном появлении участков неоднородности QE в виде полос различной формы и контраста. Амплитуда этих нестабильных неоднородностей невелика, порядка 0.05–0.10%, но в случае фотометрии протяженных объектов или плохого качества точечных изображений, суммарные ошибки определения фотометрических величин, обусловленные этим эффектом, могут достигать нескольких процентов. Одной из вероятных причин нестабильности QE может быть так называемый эффект **"гистерезис QE"**, возникающий после длительного (недели–месяцы) перерыва в использовании матрицы, т.е. плоские поля, полученные в начале сета наблюдений, желательно не использовать (перед получением плоских полей, которые планируется использовать в дальнейшей обработке, необходимо провести несколько считываний засвеченной матрицы – потренировать ее в течение десятков минут–часа). Причем, для большинства матриц, работающих по принципу объемного канала, эффект проявляется в диапазоне длин волн  $370\text{nm} \leq \lambda \geq 500\text{nm}$  (т.е. в системах UBV). С увеличением глубины проникновения потенциала в объемном канале эффект смещается в красную область (R и I полосы). Т.о., топология QE такой ПЗС зависит от предыстории – предыдущей экспозиции: в том месте, где в предыдущей экспозиции (в данном спектральном диапазоне) был большой поток, остается пониженная QE и после считывания последующего кадра прослеживаются **"следы"** ярких засветок.

Скорости счета (электронов/сек) для  $\text{ADU} = 1\text{e-}$ , посчитанные по всему изображению для  $U = B = V = R = I = 20.0^m$  для объекта, наблюдаемого на воздушной массе = 1.0 с данным экземпляром матрицы на телескопе Цейсс-1000, приведены в Таблице 10.

## 5 Краткое описание процедуры наблюдений

### 5.1 Подготовка к наблюдениям

После включения питания фотометра согласно **Приложению А** и заливки азота:

- включить машину сбора информации телескопа Цейсс-1000;
- загрузить AUTOEXE<sup>4</sup> для CCD наблюдений, пользователь №5. При этом загрузится основной директорий PCVISTA;
- войти в директорий OBSOBS, откуда собственно и ведутся все наблюдения с ПЗС-фотометром;
- проверить наличие свободного пространства в директории накопления данных – d:DATA;
- если назначение прошло неверно, можно использовать команду oo;
- загрузить локальный процессор С-180, используя команду LOADCCD.

<sup>4</sup>В настоящее время используется ОС DOS и основные операции по управлению и сбору осуществляются из NC.

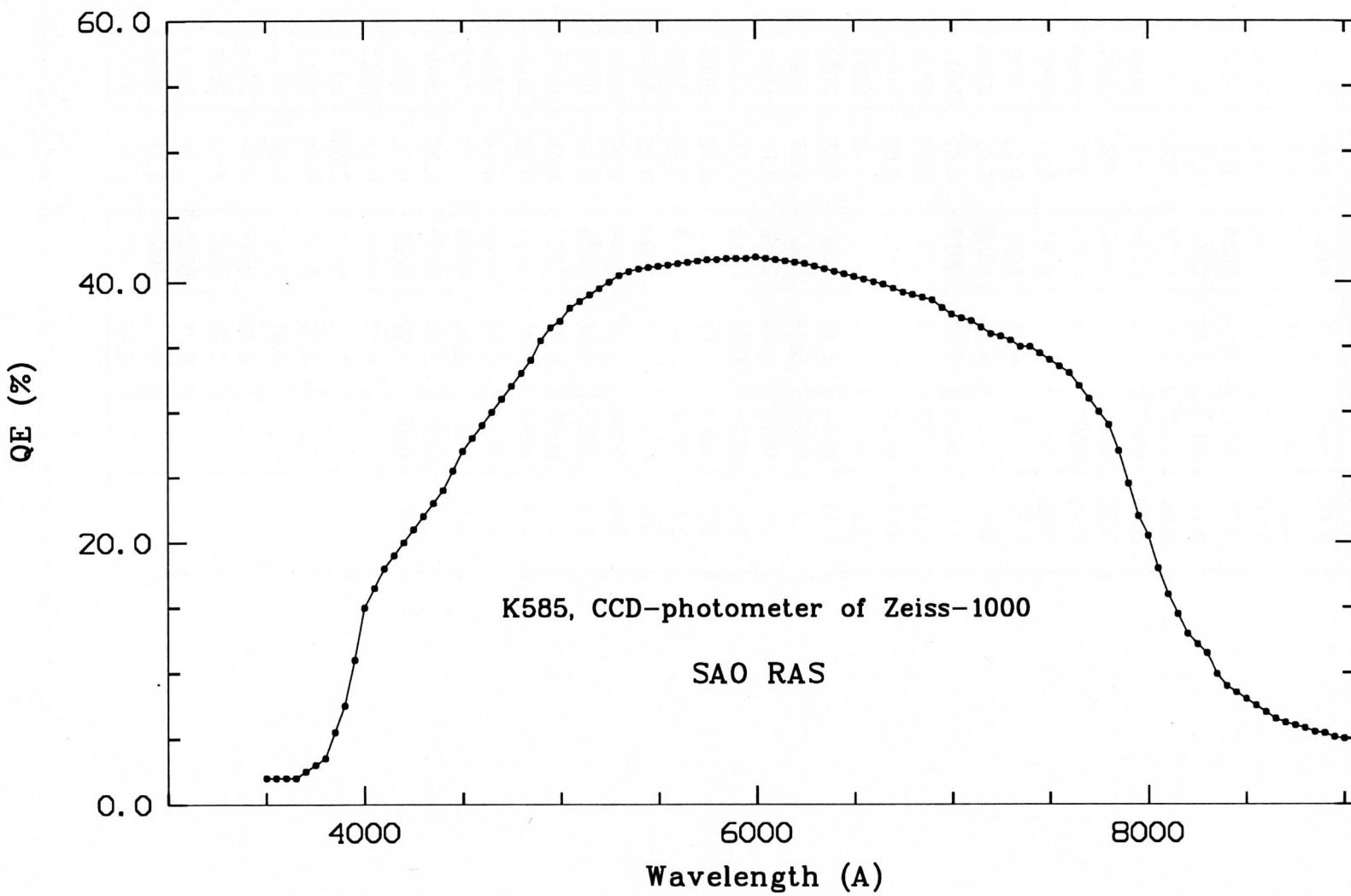


Figure 3: Квантовая эффективность матрицы K585

$\lambda, \text{\AA}$	QE, %	$\lambda, \text{\AA}$	QE, %	$\lambda, \text{\AA}$	QE, %
3500	2.0	5500	41.2	7500	34.0
3550	2.0	5550	41.3	7550	33.5
3600	2.0	5600	41.4	7600	33.0
3650	2.0	5650	41.5	7650	32.0
3700	2.5	5700	41.6	7700	31.0
3750	3.0	5750	41.7	7750	30.0
3800	3.5	5800	41.7	7800	29.0
3850	5.5	5850	41.8	7850	27.0
3900	7.5	5900	41.8	7900	24.5
3950	11.0	5950	41.8	7950	22.0
4000	15.0	6000	41.9	8000	20.5
4050	16.5	6050	41.8	8050	18.0
4100	18.0	6100	41.7	8100	16.0
4150	19.0	6150	41.6	8150	14.5
4200	20.0	6200	41.5	8200	13.0
4250	21.0	6250	41.4	8250	12.2
4300	22.0	6300	41.2	8300	11.5
4350	23.0	6350	41.0	8350	9.9
4400	24.0	6400	40.8	8400	9.0
4450	25.5	6450	40.6	8450	8.5
4500	27.0	6500	40.4	8500	8.0
4550	28.0	6550	40.2	8550	7.5
4600	29.0	6600	40.0	8600	7.0
4650	30.0	6650	39.8	8650	6.5
4700	31.0	6700	39.5	8700	6.2
4750	32.0	6750	39.2	8750	6.0
4800	33.0	6800	39.0	8800	5.8
4850	34.0	6850	38.8	8850	5.5
4900	35.5	6900	38.6	8900	5.4
4950	36.5	6950	38.0	8950	5.1
5000	37.0	7000	37.5	9000	5.0
5050	38.0	7050	37.2		
5100	38.5	7100	37.0		
5150	39.0	7150	36.5		
5200	39.5	7200	36.0		
5250	40.0	7250	35.8		
5300	40.5	7300	35.5		
5350	40.8	7350	35.0		
5400	41.0	7400	35.0		
5450	41.1	7450	34.5		

Table 9: Квантовая эффективность K585 в зависимости от длины волны

Полоса		U	B	V	R	I
Скорость счета, (эл/сек)		0.18	10.8	12.4	15.7	6.0
Поток на верхней границе атм., ( $\Phi/\text{сек}$ ) площадь $\Omega=1\text{m}^2$ (от объекта, имеющего $U = B = V = R = I = 20.0$ )		30	120	75	66	38
Коэффициенты экстинкции, (зв.вел./возд.массу)		0.62	0.32	0.18	0.11	0.07
Поток на нижней границе атм., ( $\Phi/\text{сек}$ ) площадь $\Omega=1\text{m}^2$		17	90	64	59.5	35.5
Квантовая эффективность ПЗС+фильтры+телескоп, (%)		1.1	12.0	19.4	26.4	16.9
Нуль-пункты, A0 V, зенит e-/ADU = 1, (зв.вел.)		18.14	22.58	22.73	22.99	21.95

Table 10: Квантовая эффективность и скорость счета в широкополосной системе

После завершения загрузки локальной ЭМВ система готова к наблюдениям.

## 5.2 Основные команды, используемые в процессе наблюдений

1. Одной из первых команд, используемой непосредственно перед наблюдениями астрономических объектов, является команда **DARK**<sup>5</sup> – команда накопления темнового сигнала. По этой команде автоматически идет сборка для запрашиваемого измерения.
2. Команда **BIAS** служит для автоматической записи эквивалента электронного смещения сигнала в интенсивностях. Рекомендуется снимать не менее 10 фреймов для одной ночи.
3. Команда **FOCUS**. Имеет простое подменю для выбора нескольких вариантов накопления и визуализации сигнала. Используется для оперативной оценки качества изображения – FWHM. Для примерной ориентации в необходимом диапазоне инструментальных отсчетов фокуса при работе с фотометром на Рисунке 4 приведена зависимость фокусного расстояния от температуры, построенная по измерениям в период с конца февраля 1994г. по август 1994г.
4. **START** – основная команда наблюдений. Команда имеет вложенное меню, позволяющее осуществить запуск экспозиции, редактирование fits-заголовка файла с данными, визуализацию данных, индикацию времени, оставшегося до конца экспозиции. Этой же командой можно пользоваться для накопления плоского поля по наблюдениям сумеречного неба или площадок, бедных звездами. Последние наблюдения особенно важны для учета *fringe-эффекта*, т.к. требуют накоплений примерно с теми же экспозициями, что и наблюдения исследуемого объекта. В Таблице 11 приведены координаты нескольких “пустых” полей, частично взятых из работы [6].
5. Команда **EDITHEAD** – редактирование заголовка файла, имеющегося в директории DATA.

<sup>5</sup> Все описываемые ниже команды запрашивают дополнительные параметры. Список параметров и их образцы можно посмотреть по *helper*, который выводится после “пустого” вызова необходимой команды, т.е. вызова без указания каких-либо опций.

6. Команда **WHATE** – команда завершения экспозиции и считывания накопленных данных с матрицы.
7. Команда **SAVEFILE** – копирование промежуточного файла с результатами наблюдений "IMAGETMP" в файл с задаваемым именем.
8. Команда **UBVRI** – команда наблюдений в автоматическом режиме в 5 фильтрах.
9. Команда **TVFAST** – визуализация файла, имеющегося в директории DATA.
10. Команда **1\_EL** – определение электронного нуля.
11. Команда **FITSConv** – преобразование исходных данных в FITS формат.
12. Команда **PAK\_A** – упаковка и копирование файла на диск A:.

Blank field	R.A. (1950.0)	DEC (1950.0)
BF 1	04h 25m 46.0s	54° 09' 03"
L134N	15h 50m 57.2s	-04° 26' 23"
L134S	15h 50m 57.4s	-04° 35' 27"
BF 2	19h 19m 09.0s	12° 22' 05"
BF 5	19h 24m 11.0s	13° 44' 00"
BF 3	21h 26m 54.4s	-08° 51' 41"
BF 4	23h 54m 08.9s	59° 28' 18"

Table 11: Координаты "пустых" площадок для съемки плоских полей

## 6 Развитие фотометра

В конструкции фотометра заложено несколько возможностей по его развитию:

- предусмотрена установка на заднюю стенку корпуса гидирующего устройства, устанавливаемого на подвижке в декартовых координатах. Размер доступного поля: 80\*140 мм или 18'\*31'. При этом фокальная плоскость рабочей поверхности матрицы совмещается с плоскостью рабочей поверхности гидирующего устройства. В случае обеспечения гидирующим устройством разрешения порядка 30 лин/мм, элемент разрешения равен 0.5'' – точность гидирования такого порядка при изображениях 1.5'' вполне удовлетворительна;
- узел крепления редуктора может быть заменен на узел гризмы;
- размер невиньетируемого поля, реализуемого в области посадочного места ПЗС-приемника, предусматривает возможность установки приемника с линейными размерами до 39 мм в диаметре.

С целью приведения разных вариантов обработки панорамных изображений в единую систему планируется переведение программно-математического обеспечения ПЗС-фотометра в ОС UNIX, что в свою очередь откроет прямой доступ к использованию двух наиболее широко применяемых в астрономическом мире систем обработки наблюдательных данных MIDAS и IRAF ([7] – [13]), даст возможность пользоваться широким выбором различных пакетов программ обработки, повысит достоверность получаемых результатов.

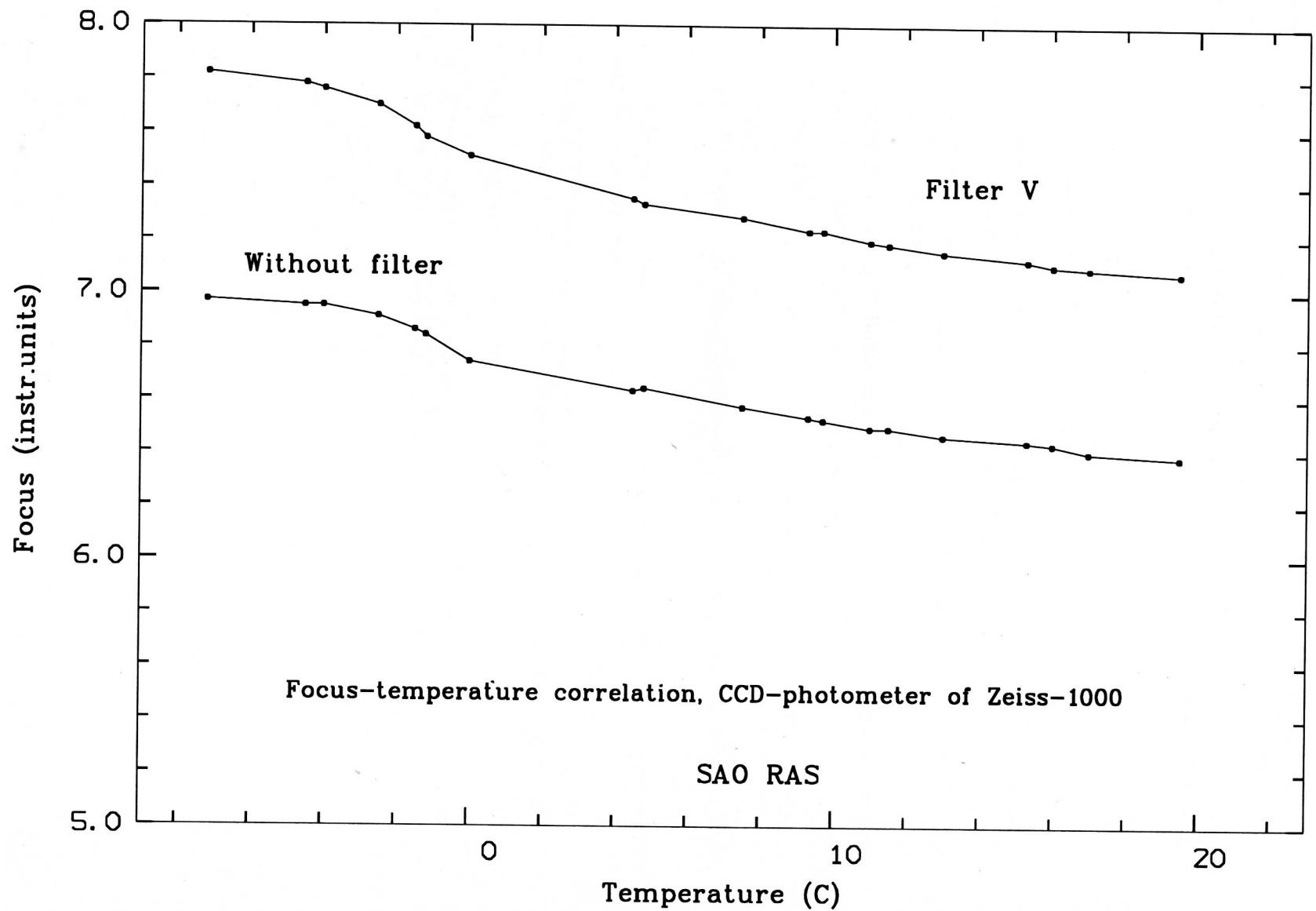


Figure 4: Зависимость фокусного расстояния от температуры

## References

- [1] Система регистрации астрономических изображений на матрице ПЗС с виртуальной фазой. Книга 1. Техническое описание, Аппаратная Цейсс-1000, Нижний Архыз, 1991.
- [2] Система регистрации астрономических изображений на матрице ПЗС с виртуальной фазой. Книга 2. Альбом схем электрических принципиальных, Аппаратная Цейсс-1000, Нижний Архыз, 1991.
- [3] Landolt A.U., 1992, A.J., 104, p.340.
- [4] Cousins A.W.J., 1976, Mem.R.Astron.Soc., 81, p.25.
- [5] Рядченко В.П., Разработка ПЗС-систем и их применение в фотометрических и спектральных исследованиях на 6-м телескопе. Канд.диссертация, Н.Архыз, 1992.
- [6] Christian C.A. et al., 1985, PASP, 97, p.363, *Video camera/CCD standard stars (KPNO video camera/CCD standards consortium)*.
- [7] P.Massey, T.E.Armandroff, J.Barnes, B.Bohannan, T.Boroson, G.Jacoby, S.Rooke, R.Seamam, D.Silva, D.Tody, 1992, *An Observer's guide to taking CCD data with ICE*
- [8] B.Schoening, 1992, *The 4-meter prime focus CCD direct imaging camera operation Kitt Peak National Observatory*, p.12
- [9] J.De Veny, 1992, *The R.C. spectrograph for the Mayall 4-meter telescope. Instrument reference manual*, p.19
- [10] B.Schoening, 1991, *Operation of the CCD direct imaging camera for the 2.1-meter telescope Kitt Peak National Observatory*, p.6
- [11] B.Schoening, P.Massey, T.E.Armandroff, G.Jacoby, C.Neese, J.Salzer, 1992, *Operation of the CCD direct imaging camera for the 0.9-meter telescope Kitt Peak National Observatory*, p.5
- [12] 1992, *MIDAS Courier, volume 2, N1*, p.10
- [13] Implementation of the Flexible Image Transport System (FITS), November 6, 1991, Draft Standard, NOST 100-0.3b, NASA/OSSA Office of Standards and Technology.

## A Инструкция по подключению ПЗС-фотометра

В комплект фотометра входят:

- оптико-механический блок;
- криостат ПЗС с кабелем управления;
- КАМАК-модуль управления оптико-механическим блоком;
- источник питания +24 в тип БП-591;
- два кабеля ( питание и управление).

Фотометр работает совместно со штатной ПЗС-системой при условии, что в контроллер крейта КАМАК загружается соответствующий вариант программы. Сборка и подключение фотометра производится в следующем порядке:

1. Установить на посадочное место телескопа оптико-механического блока;
2. Установить на посадочное место оптико-механический блока криостат ПЗС;
3. Установить (проверить наличие) в позицию 14 крейта КАМАК модуль автоматического управления;
4. Расположить рядом с крейтом блок питания БП-591;
5. Кабелем N1, с разъемами 2PM-19 и D37, соединить между собой оптико-механический блок и модуль управления;
6. Кабелем N2 соединить между собой оптико-механический блок и блок питания. Этот кабель имеет ответвление для подачи напряжения на источник подогрева стекла криостата. Подключить его и к источнику подогрева стекла;
7. Включить КАМАК-крейт и нажать кнопку Reset на контроллере C180. Убедиться, что из трех, расположенных вертикально в ряд светодиодов, горят только два нижних – BUSY и RUN. Это означает, что контроллер работает (RUN) и опрашивает модуль связи с компьютером IBM PC. Горящий светодиод BUSY информирует об обмене пошине КАМАК;
8. Убедиться, что модуль связи, расположенный в позиции 1, подключен к кабельному щитку на южной колонне-опоре телескопа (обычно используются разъемы PK-50 №.1 и №.2);
9. Включить источник БП-591 в сеть 220 вольт.

Затем, в аппаратной:

1. Проверить, подключена ли плата связи, установленная в слот IBM PC, к щитку аппаратной (разъемы PK-50 №.1 и №.2);
2. Осуществить локальную проверку ПЗС фотометра, для чего:
3. Запустить программу EML.EXE и нажать (можно несколько раз) клавишу I – инициализация. На мониторе компьютера должно появиться сообщение от контроллера C180. Если ничего нет, поменяйте местами два кабеля линии связи на щитке в аппаратной (или в подкупольном помещении). После этого снова нажмите I. Если сообщение не появилось, то проблема, вероятнее всего, с линией связи;

4. С помощью программы LOAD.EXE загрузите в контроллер C180 программу Z1000.HEX;
5. Загрузить общую программу сбора **LOADCCD** из директория **OBSERV** (см. раздел 5).



357147  
пос. Нижний Архыз.  
Ставропольский край.  
тел. 93-5-27

Nizhnij Arkhyz.  
Stavropol Territory  
357147, USSR.  
tel. 93-5-27