

РАН  
СПЕЦИАЛЬНАЯ  
АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ  
ОБСЕРВАТОРИЯ

RAS  
SPECIAL  
ASTROPHYSICAL  
OBSERVATORY

N238  
Отчет  
САО

**ПЗС Фотометр для прямых снимков  
в первичном фокусе 6-метрового телескопа**

**Руководство пользователя**

Кайсин С.С. Лаборатория ИКС  
Копылов А.И. Лаборатория ИКС  
Князев А.Ю. Лаборатория "Структура"  
Шергин В.С. Лаборатория "Информатики"

Ответственный астроном Кайсин С.С.  
e-mail: skaj@sao.stavropol.su

Нижний Архыз, Карабаево-Черкесская республика,

Россия, 357147

30 марта 1995

Специальная Астрофизическая Обсерватория РАН

**ПЗС фотометр для прямых снимков  
в первичном фокусе 6-метрового телескопа**

Руководство пользователя

Кайсин С.С. Лаборатория ИКС

Копылов А.И. Лаборатория ИКС

Князев А.Ю. Лаборатория "Структура"

Шергин В.С. Лаборатория "Информатики"

Ответственный астроном Кайсин С.С.  
e-mail: [skaj@sao.stavropol.su](mailto:skaj@sao.stavropol.su)

Нижний Архыз, Карачаево-Черкесская республика,

Россия, 357147

30 марта 1995

## Содержание

<b>1 Введение</b>	<b>2</b>
<b>2 ПЗС фотометр БТА</b>	<b>2</b>
<b>3 Описание основных узлов фотометра</b>	<b>3</b>
3.1 Основные параметры используемой ПЗС матрицы . . . . .	3
3.2 Фильтры . . . . .	3
3.3 Затвор . . . . .	4
3.4 Внутренние источники стандартного излучения. Плоское поле . . . . .	5
3.5 Электроника . . . . .	5
3.5.1 Модуль управления платформой . . . . .	5
3.5.2 Аппаратурно-программный интерфейс связи ПЭС фотометра с центральной ЭВМ сбора . . . . .	5
<b>4 Фотометрическая система. Редукция в стандартную систему</b>	<b>6</b>
<b>5 Квантовая эффективность</b>	<b>6</b>
<b>6 Описание процедуры наблюдений</b>	<b>7</b>
6.1 Подготовка к наблюдениям . . . . .	7
6.2 Примерный порядок наблюдений с ПЗС фотометром . . . . .	8
6.3 Окончание наблюдений и выход из системы . . . . .	10
6.4 Редукционные кадры FLAT FIELD BIAS и DARK . . . . .	10
<b>7 Развитие фотометра и ПЗС матрицы</b>	<b>11</b>

## 1 Введение

Для получения прямых снимков в ПФ БТА до 1989 года в качестве основного светоприемника использовалась фотопластинка. Но вследствие того, что она обладает рядом недостатков (малая квантовая эффективность, нелинейность, необходимость в дальнейшем оцифровки изображений) то назрел вопрос о новом фотоприемном устройстве. И такими светоприемными устройствами, обладающими рядом преимуществ по сравнению с фотопластинкой стали ПЗС матрицы (Приборы с Зарядовой Связью).

Первая ПЗС система была разработана и представлена в 1970 году Boyle & Smith [13]. А в астрономии ПЗС матрица впервые была использована в 1975 году и имела размер 100x100 пикселей. Эти приборы в наибольшей степени приближаются к идеальному светоприемнику по сумме своих характеристик. Это твердотельные матричные приемники на основе кремния приемные элементы в которых образованы структурой электродов на поверхности кристалла кремния. Их положение и размеры жестко зафиксированы в отличие от вакуумных телевизионных трубок. Эти приемники обладают большим квантовым выходом 50–70% и большим динамическим диапазоном, широкой полосой спектральной чувствительности и низкими шумами (меньше 20 электронов). К недостаткам ПЗС систем следует отнести их малые физические размеры, дороговизну изготовления кристалла и управляющей электроники и необходимость криостатирования приемника.

В САО впервые ПЗС системы была применена для наблюдений в ПФ в 1989 году. Это была матрица типа ФПЗС1М (512x512) с поверхностным каналом и обладала довольно существенными недостатками (большие шумы, низкая чувствительность и большая неэффективность переноса). Поэтому через год она была замена более совершенной матрицей, а в настоящее время в ПЗС фотометре БТА используется матрица типа K983 с объемным каналом и виртуальной фазой.

## 2 ПЗС фотометр БТА

ПЗС фотометр телескопа БТА построен с применением штатного комплекта системы регистрации астрономических изображений на матрице с объемным каналом типа K983

**Конструкция ПЗС фотометра выполнена с учетом следующих основных требований:**

1. полное дистанционное управление: возможность автоматического управления посредством ЭВМ, а также с локального пульта, расположенного на самом фотометре, посредством переключения в автономный режим;
2. жесткость конструкции и воспроизводимость при установке узлов;
3. простота эксплуатации и установки в первичном фокусе;
4. полная светоизоляция<sup>1</sup>;
5. минимальное размещение электроники в теле фотометра с целью уменьшения его подогрева и увеличения надежности;
6. простота доступа ко всем деталям фотометра, в случае необходимости их замены;

**Система делится на два основных уровня:**

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

1. уровень host-ЭВМ, обеспечивающей непосредственное взаимодействие с наблюдателем и содержащий всю минимально необходимую сервисную оболочку;
2. уровень сATEлитной ЭВМ, выполняющей прямое воздействие на все узлы фотометра, формирование исходной фотометрической и вспомогательной диагностической информации, приема и передачи данных удаленному носителю.

### 3 Описание основных узлов фотометра

#### 3.1 Основные параметры используемой ПЗС матрицы

Тип: К 983;

Изготовитель: "Электрон", Санкт Петербург;

Полный размер кадра: 530x580 элементов;

Область overscan: 0 - 9 колонки (bias: 10x520);

Число элементов фоточувствительной области:

по вертикали - 580;

по горизонтали - 520;

Обрабатываемая область кадра изображения: 520x578 (0 и 579 столбцы  
обычно не обрабатываются из-за помех);

Размер элемента:

по вертикали - 24 мкм;

по горизонтали - 18 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: 12 эл.;

Неравномерность сигнала: 10%;

Неоднородность чувствительности по полю: 2-4%;

Типичный фон космических частиц: 3-4 события/кадр/минуту;

Максимальный переносимый заряд (глубина потенциальной ямы  
на пиксел): 170000 электронов;

АЦП считывания: 13 разрядов;

Ограничение по переполнению на пиксел: 8191 ADU.

**Угловой размер элемента матрицы, установленной в первичном фокусе БТА:**

масштаб в фокальной плоскости: 8.6"/мм;

размер элемента : 0.154" × 0.205"

Угловой размер фоточувствительной поверхности матрицы: 81.3"x120.4"

Коэффициенты электронного преобразования для разных значений усиления приведены ниже в Таблице. Более подробное описание используемой ПЗС техники можно найти в работе [3].

#### 3.2 Фильтры

Турель фильтров расположена недалеко от рабочей поверхности ПЗС матрицы: расстояние между центрами фильтров и этой поверхностью составляет около 55 мм. Турель имеет 4 гнезда,

Gain	28.3	13.8	6.5	3.5
No.	0	1	2	3

Таблица 1: Коэффициенты электронного преобразования (el/ADU)

в которых находятся фильтры. Диаметр гнезда равен 60 мм (что позволяет применять фильтры диаметром от 45 до 60 мм), максимально возможная толщина фильтра – 8 мм. Устанавливаемые фильтры фиксируются двумя 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 приведено размещение фильтров по позициям турели.

Номер позиции :	0	1	2	3
Фильтр :	I	R	V	B

Таблица 2: Размещение фильтров по позициям турели

Широкополосные фильтры в сочетании с ПЗС матрицей типа К 983 реализуют систему, близкую к системе Казинса. Фильтры составлены из оптических цветных стекол стандартного полива. Параметры фильтров приведены в Таблице.

B	V	R	I
CC-5 (2.0)	ЖКС-17 (2.0)	ОС-12 (2.0)	КС-15 (2.0)
С3С-21(2.0)	С3С-21(4.0)	С3С-26(4.0)	С3С-20(4.0)
БС-7(2.0)			

*В скобках указана толщина стекол в миллиметрах.*

*Суммарная толщина всех широкополосных фильтров одинакова и составляет 6.0 мм.*

Таблица 3: Состав широкополосных фильтров

Отличие толщин фильтров приводит к изменению фокусного расстояния - это обстоятельство необходимо помнить при переходе от фильтров с одной толщиной к фильтрам с другой толщиной.

Кривые спектрального пропускания фильтров приведены на рисунке 1 Приложения.

### 3.3 Затвор

В качестве затвора в данном варианте фотометра использован электромеханический затвор обеспечивающий прохождение невиньетируемого пучка диаметром 90 мм. Кроме того затвор еще выполняет след. функции:

1. полное перекрытие входного потока, собственно функции затвора;
2. использование белого матового экрана, расположенного на внутренних сторонах шторок, для формирования плоского поля.

Данная конструкция позволяет осуществление однообразного движения затвора при его открытии и закрытии, что не искаивает значения 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.<sup>2</sup>.

### 3.4 Внутренние источники стандартного излучения. Плоское поле

Набор внутренних источников стандартного излучения состоит из двух обойм светодиодов по 3 светодиода и двух ламп накаливания. Источники питаются схемой стабилизации по току. Спектральные характеристики излучения светодиодов (сине-желтое излучение) позволяют 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. Внутренние источники используются для контроля работы матрицы и получения плоских полей с целью устранения высокочастотных пространственных шумов. Для устранения низкочастотных шумов необходимо использовать кадры плоского поля, полученные по сумеречному небу.

### 3.5 Электроника

#### 3.5.1 Модуль управления платформой

Модуль управления платформой (МУП) предназначен для автоматического управления от PC-компьютера платформой, на которой устанавливается ПЗС криостат в прямом фокусе телескопа БТА. 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.
5. Ожидание и окончание экспозиции.

#### 3.5.2 Аппаратурно-программный интерфейс связи ПЭС фотометра с центральной ЭВМ сбора

Система построена в стандарте КАМАК и работает под управлением микропроцессорного крейт-контроллера типа C180A. Базовое программное обеспечение контроллера -- программа Монитор [3], 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.

<sup>2</sup>Во избежание рассеяний света все внутренние поверхности фотометра покрыты черной матовой краской

## 4 Фотометрическая система. Редукция в стандартную систему

Как мы уже упоминали ранее, кривые реакции использующихся в фотометре фильтров показаны на рисунке 1 Приложения. Кроме того, для сравнения, там же на рисунке 2 приведены инструментальные кривые реакции нашей системы и стандартной системы B V (Jonson) R I (Cousins) по Бесселю [14]. Некоторые характеристики инструментальной системы и стандартной Джонсона (BV) – Казинса (RI) приведены ниже в Таблице.

Система	Фотометрическая система ПЗС фотометра				Система Казинса	
	Пропускание	$\lambda_{\max}$	$\lambda_{\text{эфф}} \text{ нм}$	$\Delta\lambda \text{ нм}$	$\lambda_{\max}$	$\lambda_{\text{эфф}} \text{ нм}$
b	24%	460	437	97	415	440
v	45%	520	540	101	535	550
r	47%	600	645	167	610	650
i	41%	760	787	78	810	805

Таблица 4: Инструментальные характеристики широкополосных фильтров

Эффективные длины волн указаны для спектрального распределения излучения звезд класса A0 V. Для сравнения приведены параметры стандартной системы [2].

Ниже приведены формулы трансформации величин и цветов из инструментальной системы (bvri) в стандартную систему Джонсона (BV) – Казинса (RI):

$$\begin{array}{l|ll}
 V-v = 24.902 - 0.076 \cdot (b-v) & \pm 0.0052 & \pm 0.0081 \\
 V-v = 24.914 - 0.076 \cdot (v-r) & \pm 0.0075 & \pm 0.0098 \\
 (B-V) = 1.232 \cdot (b-v) - 0.132 & \pm 0.0072 & \pm 0.011 \\
 (V-R) = 0.859 \cdot (v-r) - 0.255 & \pm 0.012 & \pm 0.016 \\
 (R-I) = 0.916 \cdot (r-i) - 0.861 & \pm 0.016 & \pm 0.021
 \end{array}$$

Таблица 5: Формулы трансформации в стандартную систему

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 и все инструментальные величины в выше приведенных формулах вынесены за атмосферу с использованием средних коэффициентов экстинкции. Использованные коэффициенты экстинкции равны соответственно:

$$C_b = 0.34 \quad C_v = 0.21 \quad C_r = 0.15 \quad C_i = 0.12$$

Вынос за атмосферу проводился по стандартной формуле, например:

$$v = v_{inst} - C_v \cdot 1 / \cos(z)$$

## 5 Квантовая эффективность

Квантовая эффективность системы ПЗС + оптика телескопа в фильтрах BVRI определялась по фотометрическим стандартам [1] с учетом пропускания атмосферы. Зависимость квантовой эффективности (QE) ПЗС матрицы от длины волны приведена на рисунке 1 Приложения.

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. Анализ результатов деления плоских полей показал, что используемый в настоящее время экземпляр К 983 имеет нестабильную топологию QE, выражаясь в спонтанном появлении участков неоднородности QE в виде полос различной формы и пятен контраста. Амплитуда этих нестабильных неоднородностей невелика, порядка 0.05–0.1%, 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 срока наблюдений, желательно не использовать (перед получением плоских полей, которые планируется использовать в дальнейшей обработке, необходимо провести несколько считываний засвеченной матрицы – потренировать ее в течении десятков минут–часа). Причем, для большинства матриц, работающих по принципу объемного канала, эффект проявляется в диапазоне длин волн  $370 \text{ нм} \leq \lambda \leq 500 \text{ нм}$  (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 повышенная QE и после считывания последующего кадра прослеживаются "следы" ярких засветок.

Далее мы приводим таблицу некоторых параметров ПЗС фотометра БТА  
воздушной На воздушной массе = 1.0 с данным экземпляром матрицы на телескопе БТА

Полоса	B	V	R	I
<b>Коэффициенты экстинкции</b>				
(зв.вел./возд.массу)	0.34	0.21	0.15	0.10
<b>Квантовая эффективность</b>				
ПЗС+фильтры+телескоп, %	24	45	47	41
<b>Скорость счета</b>				
(эл/сек/пиксел) от фона неба при фазе Луны =0	1.9	6.2	24.8	41.4
<b>Типичная яркость фона</b>				
неба с 1 кв. сек.	22.5	21.5	20.8	19.1

## 6 Описание процедуры наблюдений

### 6.1 Подготовка к наблюдениям

- Установить всю необходимую для фотометрических наблюдений аппаратуру в СПФ БТА.
  - Подсоединить все необходимые интерфейсные кабели и линии связи .

2. Включить тумблер питания ПЗС фотометра.
3. Включить тумблер питания крейта КАМАКА.
4. Залить азот в криостат матрицы.
5. Включить компьютер сбора и управления в ком. 209

Наблюдения в настоящее время ведутся на компьютере PC/AT 486DX2-66/16/406/SVGA 1Mb в среде Linux + MIDAS. Приведение в единую систему программно-математического обеспечения ПЗС фотометра БТА в ОС Linux + MIDAS , открывает прямой доступ к использованию двух наиболее широко применяемых в астрономическом мире систем обработки наблюдательных данных MIDAS и IRAF ([5], [6], [7], [8], [9], [11], [11]), что дает возможность пользоваться широким выбором различных пакетов программ обработки, повышает достоверность получаемых результатов<sup>3</sup>

- после загрузки компьютера на терминале появится приглашение

**Login obs**  
**Password obs**

- Теперь вы сразу окажитесь в оболочке X Window
- нажать на правую клавишу мышки; появится меню где нужно выбрать **BTA Observation**, и в ней появится подменю с 5 строками;

**Terminal for work**  
**CCD observations**  
**MIDAS 01**  
**MIDAS 02**  
**Transfer Data (ftptools)**

- выбрать **CCD oservations**, после чего система загрузит все необходимое для фотометрических ПЗС наблюдений окружение и остановится на приглашении **Midas 001>**
- Дальнейшая процедура наблюдений с ПЗС фотометром в Контексте NICE системы MIDAS +LINUX описана в работе [12] а также в приложении данного руководства. (примерный порядок наблюдений в Контексте NICE приведен на с.17 этого приложения). Кроме того ниже будет дан пошаговый порядок наблюдений с комментариями и замечаниями.
- Остальные четыре позиции в меню выполняют следующие функции: **Terminal for work** — Запускает еще один рабочий X терминал **MIDAS 01** и **MIDAS 02** — позволяют загрузить параллельно к уже существующему еще две MIDAS сессии. **Transfer Data (ftptools)** — запускает перекачку полученных данных на "серверную" bta машину для дальнейшей архивации на магнитных носителях типа СТРИММЕР или ДАТ.

## 6.2 Примерный порядок наблюдений с ПЗС фотометром

Считаем что в данный момент мы уже находимся внутри MIDASa, и зашли в систему как пользователь **obs**.

Ниже приводится примерный порядок команд необходимый при наблюдениях с ПЗС фотометром в течении ночи.

---

<sup>3</sup>Все команды набираемые в дальнейшем пользователем будут выделены полужирным шрифтом, а сообщения компьютера шрифтом Капитель

– **global** — выдаст глобальные параметры состояния системы на текущий момент времени. Если вы желаете изменить какой либо параметр то наберите команду **global<имя параметра со значением>** Например: **global dis=y** т.е. по умолчанию дисплей будет создаваться всегда.

– **night** — выдаст бланк с глобальными параметрами ночи, который желательно заполнить до первой экспозиции за эту ночь. В противном случае вам придется набирать их перед началом 1-ой экспозиции в эту ночь.

– **number** — выдаст свое текущее значение. В начале ночи до первой экспозиции его значение должно быть равно 1 , если он не равен 1, то подумать что до этого делали ? Если ничего не делали, то его значение нужно установить равным 1 Например: **number=5**, т.е. устанавливаем текущее значение равным 5

**ВНИМАНИЕ:** Если вы возвращаете номер, то данные с большими номерами чем этот номер будут перезаписаны (потеряны)

– **cont** — эта команда применяется для инициализации контроллера С-180 на крейт КАМАК.

– **tmp** — запустить эту команду и убедиться что матрица "живая" и происходит нормальное его считывание. Например: **tmp 5** ,запустит 5 сек экспозицию (фильтр и затвор отработают по умолчанию )

– **bias** — используется для запуска экспозиции BIASов. Например: **bias 3** ,запустит без визуализации 3 BIASa друг за другом.

– **dark** — используется для запуска экспозиции DARKов. Например: **dark 2 600** ,запустит без визуализации 2 DARKa друг за другом.

– **flat** — используется для получения плоских полей. Например: **flat 2 60 r dis=y fact=1.5**, запустит с визуализацией две экспозиции по 60 и 90 сек в фильтре R.

– **tmp** — обычно запускается для контроля что мы правильно навелись на объект. Например: **tmp 15** ,запустит 15 сек. экспозицию (фильтр и затвор отработают по умолчанию )

– **focus** — эта команда применяется для фокусировки телескопа по какой-нибудь одиночной звезде в поле матрицы. Алгоритм организован таким образом что для фокусировки необходимо вывести звезду на какой-нибудь край матрицы, а затем меняя фокус телескопа двигаться к противоположному краю матрицы по одной или двум координатам, с определенным шагом (для БТА около 13''). Обычно достаточно 5-7 точек, по умолчанию берутся 6 точек. Например: **focus 10 7 49 0.5 r** — запустит 7 экспозиций по 10 сек. в фильтре R с шагом фокуса 0.5 от начального фокуса 49 ).

**ВНИМАНИЕ:** Значение фокуса телескопа с ПЗС фотометром равно 50 !!!

– **tmp** — обычно запускается для контроля что мы правильно навелись на стандартный объект и для прикидки необходимых экспозиций. Например: **tmp 15 R** ,запустит 15 сек. экспозицию в фильтре R.

– **bvri** — эта команда используется обычно при съемке стандартных звезд сразу в 4-х фильтрах. Например: **bvri 30 20 15 20** ,запустит без визуализации 4 экспозиции друг за другом по 30,20,15,20 сек в фильтрах B,V,R,I соответственно.

**ВНИМАНИЕ:** Если вы запустили экспозицию в командной строке (без панели визуализации) то в этом случае:

**CTRL/C** - Стоп экспозиции (досрочное окончание экспозиции с выводом результата в файл),

**CTRL/Y** - Стоп экспозиции (досрочное окончание экспозиции без сохранения в файл) !!!

- **tmp** — обычно запускается для контроля что мы правильно навелись на объект. Например: **tmp 15**, запустит 15 сек. экспозицию фильтр по умолчанию.
- **object** — применяется для наблюдения объекта. Например: **object 600 V**, запустит 600 сек. экспозицию в фильтре V.

### 6.3 Окончание наблюдений и выход из системы

- Порядок окончания наблюдений обратен порядку начала наблюдений. Т.е. перед окончанием ночи снимаем Стандарт, затем FLAT FIELD в разных фильтрах хотя бы по два кадра в каждом, в которых велись наблюдения, несколько DARKов (приблизительно 3-5), и наконец BIASов (около 5-7).
- После окончания наблюдений необходимо выйти из MIDASa набрав команду **bye**, после чего вы окажитесь в X Window.
- Для выхода из X Window нужно нажать на правую кнопку "мышки" и выбрать из меню команду **Exit**.
- Если же вы хотите выключить компьютер, то для этого необходимо выйти из графического окна набрав одновременно комбинацию клавиш **Control/Alt <F5>**, а затем **Control/Alt Del** после чего система сообщит о послании сигналов остановки всем процессам, размонтировке файловых систем и выдаст сообщение **Done**. С этого момента компьютер можно выключать. Если его в этот момент не выключить то он снова пойдет на перезагрузку.

### 6.4 Редукционные кадры FLAT FIELD BIAS и DARK

Так как ПЗС матрица все же не является идеальным фотоприемным устройством а только асимптотически приближается к нему, поэтому для исправления ее недостатков необходимо при наблюдениях помимо объектов получить и ряд редуцирующих кадров:

1. **BIA**S
2. **DARK**
3. **FLAT FIELD**

Как показала практика наблюдений для каждой ночи необходимо в среднем получить порядка 9-15 BIAS, 5-9 DARK и по 2-4 FLAT FIELD в каждом из фильтров, в которых велись наблюдения. Желательно эти кадры получать в начале и в конце каждой ночи.

Причем FLAT FIELD необходимо получать по сумеречному или рассветному небу т.к. на данный момент времени возможности получения подкупольного FLAT FIELD не существует. Оптимальнее всего получать FLAT FIELD по сумеречному небу, в этом случае давление по времени менее существенен чем по рассветному небу. **Экспозиции при получении FLAT FIELD меньше 5 сек лучше не делать!** Это ограничение вызвано скоростью отрабатывания существующего затвора. При экспозициях меньше 5 сек уже появляются эффекты неоднородности засветки по полю матрицы порядка 1-1.5%. Снимать FLAT FIELD лучше всего там где звезд "почти нет" или они очень слабые из-за сильного межзвездного поглощения. Ниже приводятся координаты таких областей по работе [4].

**Примечание:** К руководству также прилагается файл с координатами стандартных звезд Landolt A.U [1] который находится в домашнем каталоге пользователя **obs** в директории STAND, наблюдательной машины с сетевым именем **crf**.

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

Таблица 6: Координаты "пустых" площадок для съемки плоских полей

## 7 Развитие фотометра и ПЗС матрицы

Т.к. дальнейшее совершенствование возможностей данного ПЗС фотометра невозможно в силу его конструкторских ограничений, поэтому в настоящее время начаты работы по созданию нового фотометра с учетом недостатков существующего. В новом фотометре будут реализованы следующие возможности с учетом недостатков существующего:

- предусмотрена установка турели с числом позиций для 8 фильтров;
- установка более быстрого и надежного затвора вблизи головки криостата, что ослабляет требования на размеры и стоимость его;
- возможность однородной подсветки матрицы путем более тщательного подбора по спектральному составу светодиодов и ламп накаливания
- с появлением новых матриц 1к x 1к, намечается переход на эти матрицы.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Рис. 1

Кривые спектрального пропускания фильтров.

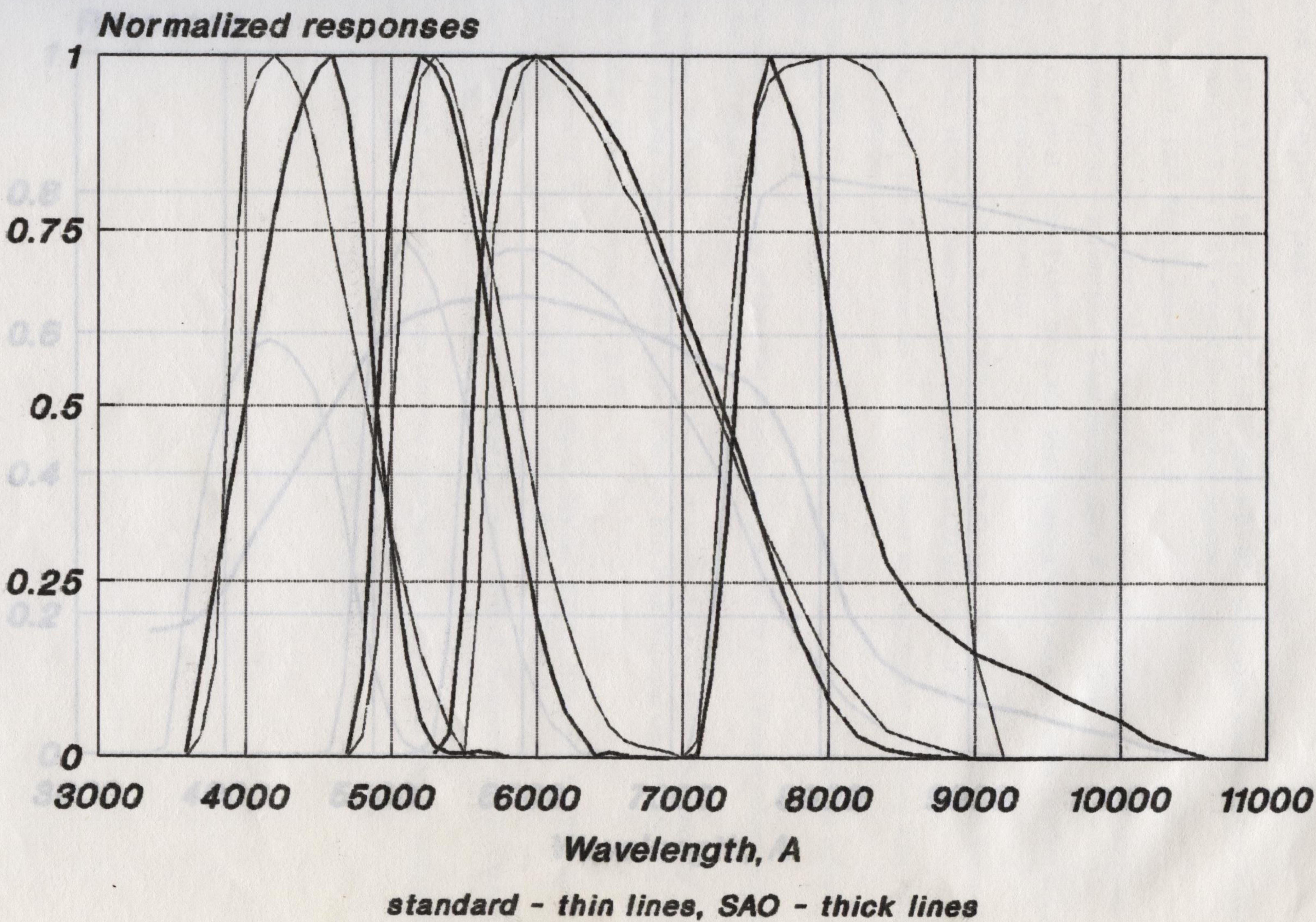
Кривая квантовой эффективности матрицы К983.

Рис. 2

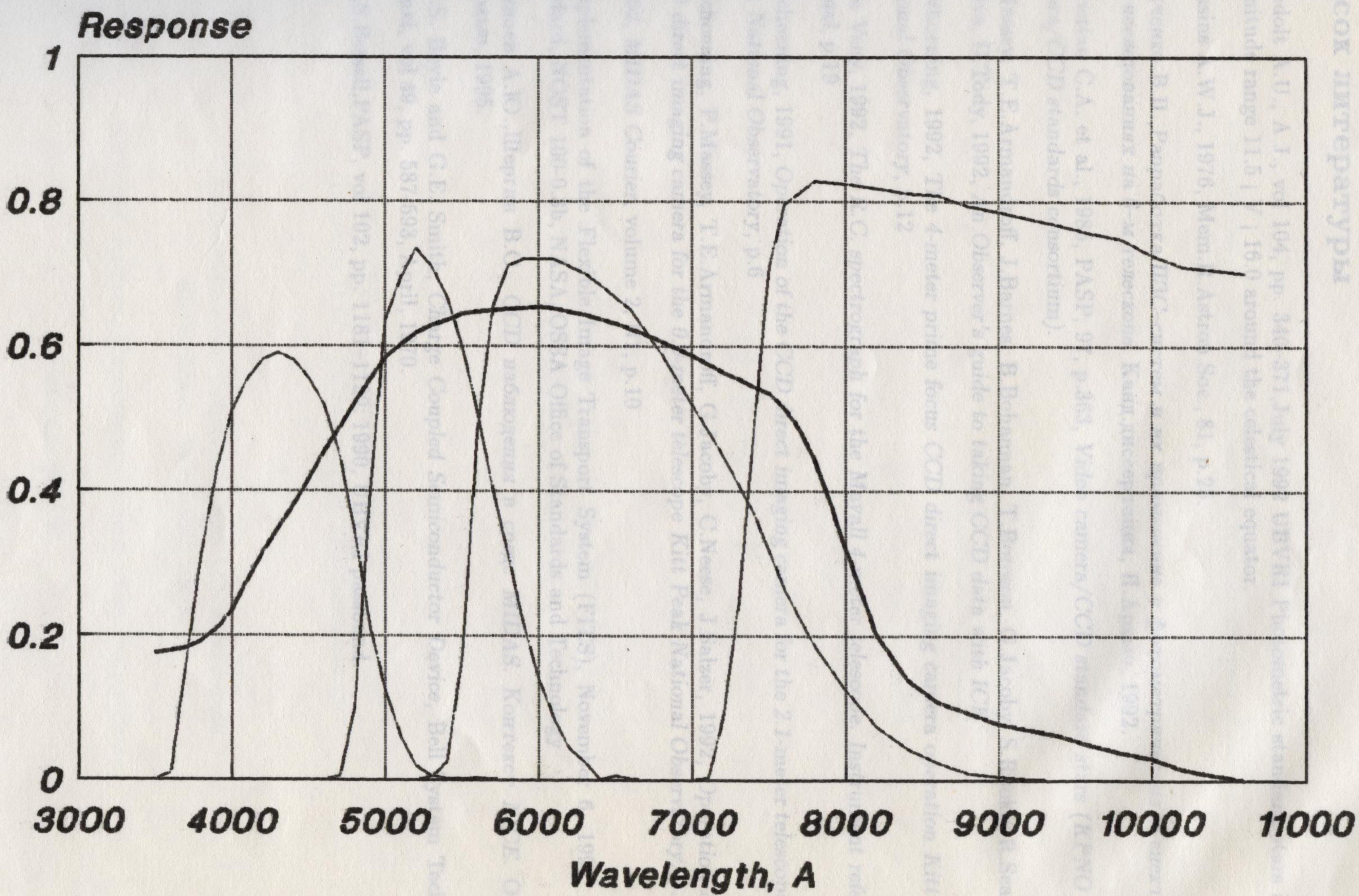
Инструментальные кривые реакции нашей фотометрической системы и стандартной системы

B V (Jonson) R I (Cousins) – по Бесселю [14].

*B V (Johnson) R I (Cousins)*  
*B V R I (K983 520x580, SAO)*



# K983 520x580 B V R I filters



Синий фильтр K983 имеет ширину полосы 520 нм

## Список литературы

- [1] Landolt A.U., A.J., vol 104, pp. 340–371, July 1992 UBVR Photometric standard stars in the magnitude range 11.5 ; V ; 16.0 around the celestial equator.
- [2] Cousins A.W.J., 1976, Mem.R.Astron.Soc., 81, p.25.
- [3] Рядченко В.П., Разработка ПЗС-систем и их применение в фотометрических и спектральных исследованиях на 6-м телескопе. Канд.диссертация, Н.Архыз, 1992.
- [4] Christian C.A. et al., 1985, PASP, 97, p.363, Video camera/CCD standard stars (KPNO video camera/CCD standards consortium).
- [5] 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
- [6] B.Schoening, 1992, The 4-meter prime focus CCD direct imaging camera operation Kitt Peak National Observatory, p.12
- [7] J.De Veny, 1992, The R.C. spectrograph for the Mayall 4-meter telescope. Instrument reference manual, p.19
- [8] B.Schoening, 1991, Operation of the CCD direct imaging camera for the 2.1-meter telescope Kitt Peak National Observatory, p.6
- [9] 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
- [10] 1992, MIDAS Courier, volume 2, N1, p.10
- [11] Implementation of the Flexible Image Transport System (FITS), November 6, 1991, Draft Standard, NOST 100-0.3b, NASA/OSSA Office of Standards and Technology
- [12] Князев А.Ю., Шергин В.С., CCD наблюдения в среде MIDAS. Контекст NICE. Отчет, Н.Архыз, 1995.
- [13] W.S. Boyle and G.E. Smith, Charge Coupled Semiconductor Device, Bell System Technical Journal, vol 49, pp. 587-593, April, 1970.
- [14] M.S.Bessell, PASP, vol 102, pp. 1181–1199, 1990, UBVR passband.