

Специальная астрофизическая обсерватория РАН

Утверждаю
директор САО РАН
чл.-корр. РАН Балега Ю.Ю.

_____ 2011 года

Отчёт №

Куде-эшелле спектрометр (CEGS) телескопа Цейсс-1000: описание, инструкция по эксплуатации.

Бычков В. Д.
Шатилов А. В.

Россия, Карачаево-Черкесская Республика,
Зеленчукский р.-он, пос. Нижний Архыз 369167

2011 год

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Фокус куде	5
2. Расположение спектрометра	5
3. Оптическая схема спектрометра. Параметры оптических элементов	9
4. Инструкция по подготовке спектрометра CEGS к наблюдениям	27
5. Предписания по общему техобслуживанию спектрометра	30
5.1. Общее обслуживание	30
5.2. Чистка оптической системы	30
6. Инструкция по помещению наблюдательных данных, полученных на CEGS, в "общий архив наблюдательных данных CAO РАН"	31
Заключение	33
Благодарности	34
Список литературы	34

Введение.

Куде-эшелле спектрометр (CEGS) создан Ф. А. Мусаевым в 1995 году и предназначен для получения спектров высокого разрешения порядка $R = 30000$ в широком спектральном диапазоне 3600-9000 А [1].

Спектрометр укомплектован анализатором циркулярной поляризации (АЦП) [2] и двумя сменными дифракционными эшелле-решётками с 75 штр/мм и 37.5 штр/мм. При проведении спектрофотометрических исследований обычно используется схема с эшелле-решёткой 37.5 штр/мм, позволяющая регистрировать одновременно до 60-70 перекрывающихся по длинам волн эшелле-порядков, в частности, для звёзд спектрального класса А0-F0 одновременно регистрировать до 9000 А. При проведении магнитных измерений обычно используется эшелле-решётка 75 штр/мм, дающая вдвое большее угловое разведение между порядками и таким образом позволяющая проводить наблюдения с АЦП, т.е. регистрировать зеемановские спектры. При этом регистрируются одновременно до 30-35 не перекрывающихся по длинам волн порядков. Инструментальные поляризационные эффекты, возникающие при перебросе света в куде-спектрометр, исследованы в работах Бычков В.Д. и др., 1998, 2000 [3] [4]. Для обеих схем (эшелле-решётка 37.5 штр/мм и эшелле-решётка 75 штр/мм) предельная звездная величина в хорошую погоду для часовой экспозиции равна примерно 7^m .

В данном отчёте приведены схемы фокуса Куде и CEGS, а также фотографии узлов CEGS.

Приведённое здесь описание можно найти на веб-странице САО РАН по ссылке <http://www.sao.ru/hq/coude/cegs.htm> .

1. Фокус куде.

Оптическая схема фокуса куде приведена на рис. 1. Параметры элементов фокуса приведены в таблице 1.

Расстояние между главным параболическим зеркалом MM и вторичным гиперболическим зеркалом SM может изменяться в небольших пределах с целью фокусировки. Первое плоское 45-градусное эллиптической формы зеркало DM1 вводится в пучок и крепится там только на время наблюдений в фокусе куде. В рабочем положении зеркало DM1 неподвижно относительно зеркал MM, SM и посылает проходящий световой пучок строго по оси склонений DM1-DM2. Второе плоское 45-градусное эллиптической формы зеркало DM2 постоянно находится в пучке и посылает сходящийся световой пучок строго по оси прямых восхождений DM2-F.

Дополнительные сведения о фокусе куде: относительное отверстие фокуса Куде – 1:36; масштаб на входной щели 5.73 "/мм.

2. Расположение спектрометра.

Спектрометр расположен в башне 1-м телескопа на втором этаже. Все основные элементы спектрометра расположены горизонтально. На рис. 2 в масштабе 1:65 дан чертеж помещения куде и схема расположения отдельных элементов спектрометра. Номером 1 обозначена платформа, на которой смонтированы блок призм P, коррекционная пластина CP, плоское зеркало с центральным отверстием ZpC, камера Cam с $f = 450$ мм и монтируется ПЗС-система. Номером 2 обозначено устройство сменных эшелле-решёток, номером 3 – вариант камеры с фокусным расстоянием $f = 875$ мм. Все элементы куде-эшелле спектрометра смонтированы на отдельных развязанных фундаментах. Исключение составляют платформы 1, 2 и 3 на рис. 2, которые смонтированы на специально изготовленных подставках- платформах, установленных прямо на полу помещения куде и не имеют специальных antivибрационных развязок. В связи с этим во время наблюдений для получения хорошей позиционной стабильности нужно соблюдать большую осторожность, чтобы случайно не сместить эти платформы с элементами спектрометра.

Fig.1. Optic scheme of Kude focus 1-m telescope

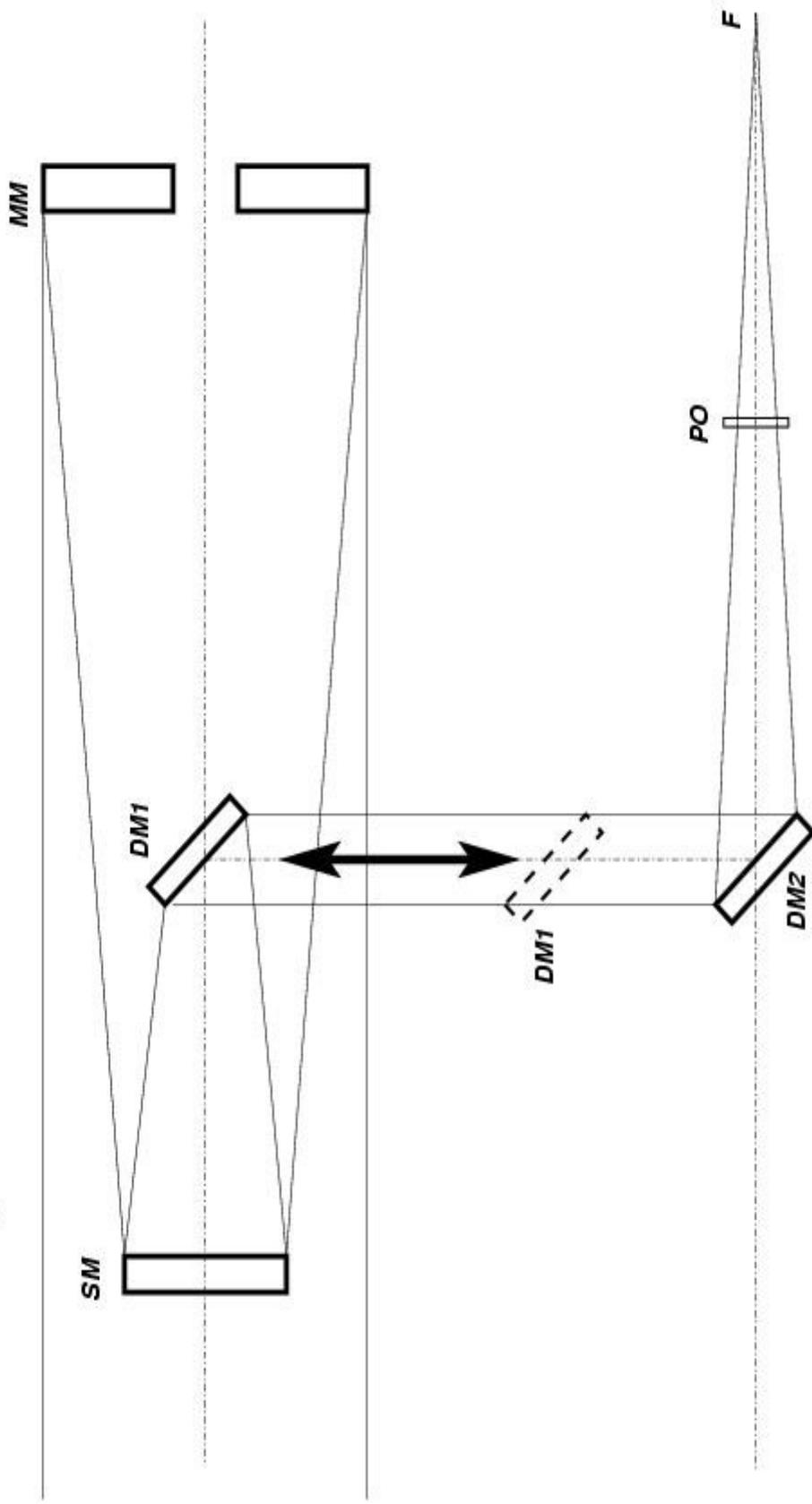


Рис. 1. Оптическая схема ломаного фокуса
(пояснение к рисунку дано в таблице 1 на следующей странице).

Таблица 1. Параметры ломаного фокуса.

Название элемента ломаного фокуса	Обозначение на рисунке 1	Параметры элемента ломаного фокуса	Оптические отрезки	
			Обозначение на рисунке 1	Длина в мм
Главное параболическое зеркало	MM	Световой диаметр – 1000 мм.	MM-SM	2920
Вторичное гиперболическое зеркало	SM	Световой диаметр – 291.9 мм.	SM-DM1	1870
Первое плоское 45-градусное эллиптическое зеркало	DM1	Оси эллипса: 1-я ось – 359 мм; 2-я ось – 254 мм.	DM1-DM2	1580
Второе плоское 45-градусное эллиптическое зеркало	DM2	Оси эллипса: 1-я ось – 310 мм; 2-я ось – 219 мм.	DM2-PO	4000
Плоско-параллельная пластинка	PO	–	MM-F	36000
Фокальная плоскость	F	Эквивалентное фокусное расстояние – 36000 мм.		

Рис.2

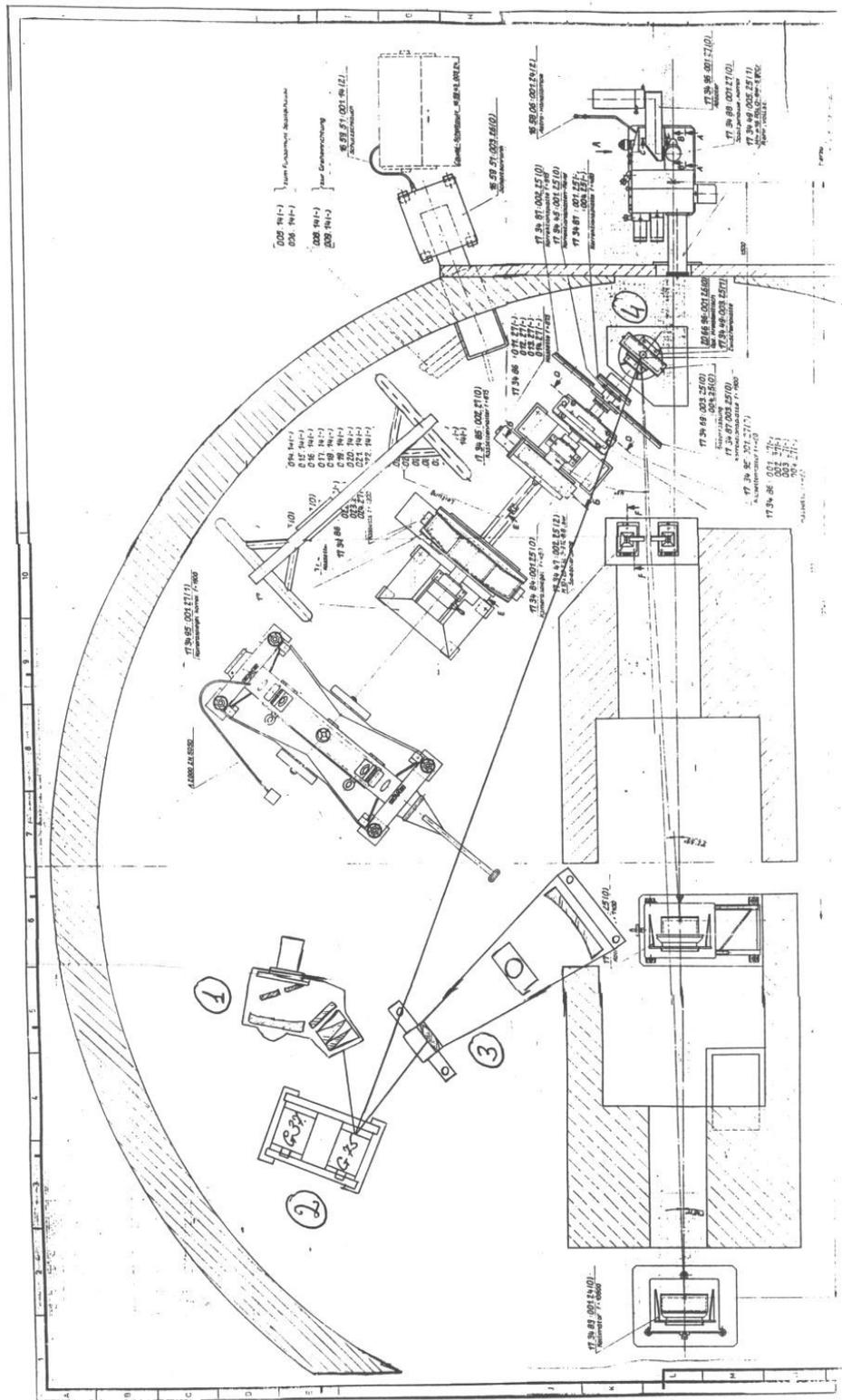


Рис.2. Чертеж помещения куде и схема расположения отдельных элементов спектрометра (заимствовано из документации телескопаЦейсс-1000).

1. Платформа, на которой смонтированы блок призм Р, коррекционная пластина СР, плоское зеркало с центральным отверстием ZrC, камера Сам с $f = 450$ мм и монтируется ПЗС-система.
2. Устройство сменных эшеле-решеток.
3. Вариант камеры с фокусным расстоянием $f = 875$ мм.
4. Плоское зеркало, перебрасывающее пучок с коллиматора на решётки.

3. Оптическая схема спектрометра. Параметры оптических элементов.

На рис. 3 (все последующие рисунки начинаются со страницы 12) изображена оптическая схема спектрометра. Размеры отдельных элементов и оптические отрезки даны в таблице 3.

Оптико-механические узлы спектрометра расположены горизонтально и смонтированы на 5-ти отдельных платформах, на схеме они выделены штриховыми квадратами. Пучок света после переброса зеркалами DM1 и DM2 спускается в помещение куде под углом $43^{\circ} 39' 12''$, равным широте места установки телескопа.

В случае поляризационных наблюдений перед щелевой частью на специальной раме (3 на рис. 7) устанавливается в сходящемся пучке **анализатор циркулярной поляризации (АЦП) А** (1 на рис. 7). К щелевой части рама АЦП крепится двумя винтами (5 на рис. 7). Во время наблюдений поворот входной четвертьволновой фазосдвигающей пластинки на 90 градусов может осуществляться как с помощью шагового двигателя управляемого компьютером, так и вручную, поворачивая вращающуюся оправу с помощью рычага (2 на рис. 7). Управление поворотом пластинки с помощью шагового двигателя осуществляется программой А. С. Драбека "TestPic", расположенной на "Рабочем столе" WINDOWS (если ярлык программы отсутствует, программу можно найти по пути "C:\TestPic\TestPic.exe"). Для осуществления дистанционного управления необходимо подключить электронный блок управления через разъемы DB9 к последовательному порту "COM2". Только после завершения коммутации электронного блока к управляющему компьютеру включить 12-ти вольтовый блок питания электронного блока. После этого на управляющем компьютере можно запустить управляющую программу "TestPic". После запуска этой программы появится окно, в котором необходимо задать параметры, как на рис. 13. Далее необходимо нажать кнопку "Start" и подождать, пока двигатель повернёт фазосдвигающую пластинку в первое положение (если пластинка уже находилась в первом положении, то двигатель пропустит заданные шаги). Текущее состояние двигателя отображается в окне программы "TestPic" (см. рис. 13) под строкой "Out Data Device". Остановке двигателя соответствует строка "Stop", которая также свидетельствует о готовности системы к переводу пластинки в новое положение. Для перевода пластинки в первое или второе положение необходимо изменить параметр "Select Direction" соответственно на "<" или ">".

Дополнительные сведения об АЦП: разведение изображений – 2.3 мм или 13.2"; рабочий интервал длин волн от 3300А до 9000А (более подробную информацию об АЦП SEGGS телескопа Цейсс-1000 можно найти в работе В. Д. Бычкова [2]).

Плоское зеркало P1 (1 на рис. 5), переводящее пучок света в горизонтальную плоскость, наклонено относительно горизонта в сторону коллиматора на угол $111^{\circ} 49' 36''$, т.е.:

$$90^{\circ} + (43^{\circ} 39' 12'') / 2 = 111^{\circ} 49' 36''.$$

Плоское зеркало P1 имеет возможность с помощью карданной передачи (3 на рис. 5) поворачиваться на 45 градусов вокруг наклонной оси (2 на рис. 5). Зеркало имеет два фиксированных положения: 1) переброс света в сторону щели спектрометра; 2) переброс света в сторону визуального подсматра поля. На рис. 4 показаны элементы управления щелевой частью, в частности флажок ручного поворота зеркала P1 (4 на рис. 4).

Для юстировки и проверки оптической схемы спектрометра используется устройство, оснащенное **лазером Ls**, которое может вводиться в оптическую систему. Устройство позволяет вращать лазер на 360 градусов или фиксировать его в положении, когда лазерный пучок идет точно по оптической оси и попадает в центр коллиматора спектрометра. При вращении лазера его световой пучок может быть направлен в любую точку коллиматора, лежащую на окружности с радиусом, равным примерно 90 мм, и центром, совпадающим с центром коллиматора. Для работы лазера требуется включить его источник питания.

Щель спектрометра S (8 на рис. 5) имеет два отсчётных барабана, позволяющих регулировать ширину щели в пределах от 0 до 4 мм (2 на рис. 6) и длину щели в пределах от 0 до 15 мм (4 на рис. 6). Величина "нормальной" щели спектрометра определялась экспериментально путем получения серии спектров рассеянного в атмосфере солнечного света с разной шириной щели. Измерения полуширины линии FWHM (Full width at half maximum; полная ширина на половине высоты) проводились в пикселях матрицы CRYOCAM по нескольким линиям и результаты затем усреднялись. Величина FWHM (полуширины линии) не меняется до ширины щели 1.07 мм, после чего увеличение ширины входной щели линейно увеличивало FWHM по зависимости:

$$\text{FWHM} = 4.11287 * h + 0.110368,$$

где полуширина линии в пикселях матрицы CRYOCAM, а h - ширина входной щели спектрометра CEGS в миллиметрах. На рисунке рис. 14 – представлены результаты измерений и полученные по ним зависимости.

Также предусмотрено вращение щели вокруг оптической оси (5 на рис. 6). Вращение необходимо для нахождения оптимального наклона щели, т.е. такого, при которой проекция щели на дифракционную решётку должна быть перпендикулярна направлению её дисперсии.

Оптический затвор Sh (12 на рис. 5) имеет два режима работы – ручной (см. 2 на рис. 7) и автоматический (см. описание анализатора циркулярной поляризации на стр. 9). Блок управления затвором вместе с блоком питания находится на стойке, расположенной у задней стенки комнаты щелевого узла. Ручной режим используется для отладки аппаратуры, автоматический необходим во время наблюдений. Управление затвором осуществляется дистанционно контроллером ПЗС-системы.

Внеосевой коллиматор C (рис. 8) преобразовывает расходящийся после щели пучок света в параллельный и под углом 3.3° направляет его на плоское

зеркало Zp (см.рис. 9), стоящее на вращающейся вокруг вертикальной оси платформе с прецизионным механизмом вращения (3 на рис. 9). Поворотом плоского зеркала Zp можно менять угол $C-Zp-G$, а также, отклоняя его в вертикальной плоскости, можно регулировать вертикальное положение пучка на дифракционной решётке G (1 на рис. 10).

Дифракционные решётки $G_{37.5}$ и G_{75} (1 и 2 на рис. 11) предназначены для работы в высоких порядках ($N \div 50-100$). При проведении спектрофотометрических исследований обычно используется эшелле решётка 37.5 штр/мм (1 на рис. 11). Она позволяет регистрировать одновременно до 60-70 перекрывающихся по длинам волн эшелле-порядков и для звёзд спектрального класса А0-F0 одновременно регистрировать излучение до 9000 А. При проведении магнитных измерений обычно используется эшелле-решётка 75 штр/мм (2 на рис. 11), дающая вдвое большее угловое разведение между порядками и таким образом позволяющая проводить наблюдения с АЦП, т.е. регистрировать зеемановские спектры. При этом регистрируются одновременно до 30-35 не перекрывающихся по длинам порядков. Данные дифракционные решётки располагаются в оправках со специальными подвижками, позволяющими перемещать решётки на направляющих (2 на рис. 10). В рабочем положении решётки фиксируются специальным фиксатором. Угол наклона α каждой из решёток выставляется специальным подпружиненным юстировочным винтом (4 на рис. 11) и контролируется микрометром (3 на рис. 11). Рабочие углы γ ($Zp-G-P$) для решёток различаются. Для изменения угла γ при смене решёток изготовлен специальный механизм поворота стола решёток (1 на рис. 12) вокруг вертикальной оси (3 на рис. 12). Крайние положения поворота угла решёток ограничены упорами (2 на рис. 12), в которых закреплены индикаторы положения (4 на рис. 12), позволяющие с высокой степенью точности выставить положение решётки по углу γ . После эшелле решёток следует элемент кросс-дисперсии P , состоящий из двух 45-градусных призм, изготовленных из оптического стекла ЛК8 и смонтированных в едином блоке (4 на рис. 10). Далее следует элемент CP – коррекционная пластина (5 на рис. 10). Следующий элемент – плоское зеркало с центральным отверстием (6 на рис. 10), которое посылает уже разложенный по порядкам пучок света на зеркало камеры Cam (7 на рис. 10) с фокусным расстоянием $f = 450$ мм. После зеркала камеры сходящийся пучок света проходит через центральное отверстие в плоском зеркале и попадает через оптическое окно на ПЗС-матрицу Fp . Вся ПЗС-система крепится к специальной прямоугольной платформе, имеющей юстировочные винты (8 на рис. 10) и микрометры-индикаторы по углам (9 на рис. 10), что позволяет добиваться наилучшего совмещения плоского ПЗС-приемника с выпуклой менискообразной формой фокальной поверхности камеры.

Дополнительные сведения о спектрометре: широкощельность – 17.3; угол между нормалью к первой грани первой призмы (по направлению светового луча от решётки) и прямой, соединяющей центр первой грани первой призмы с центром решётки, равен 33° .

Fig.3. Kude 1-m telescope

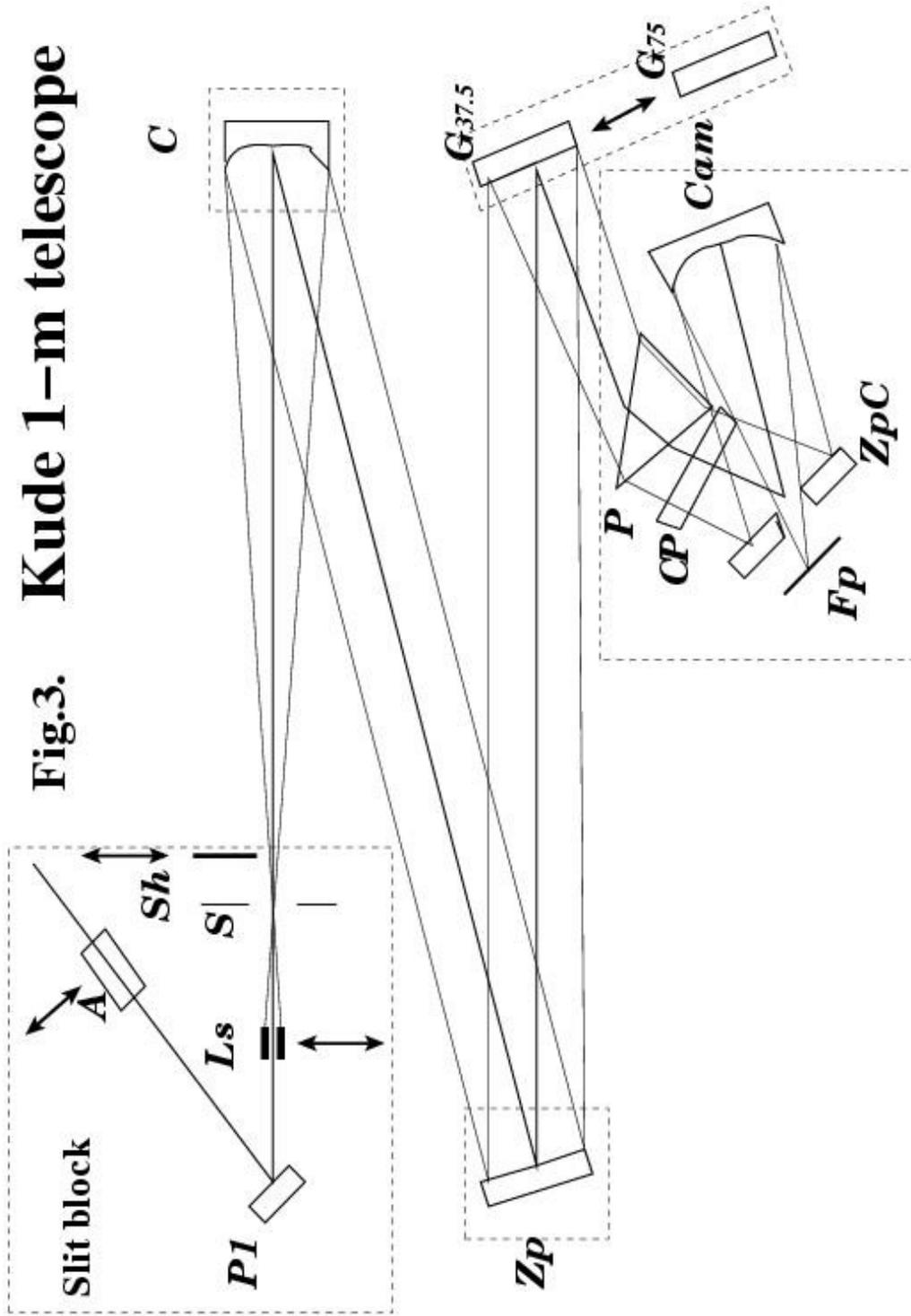


Рис. 3. Оптическая схема спектрометра
(пояснение к рисунку дано в таблице 2 на следующей странице).

Таблица 2. Параметры спектрометра.

Название элемента спектрометра	Обозначение на рисунке 5	Параметры элемента спектрометра	Оптические отрезки		Углы между падающими и отраженными пучками	
			Обозначение на рисунке 5	Длина в мм	Обозначение на рисунке 5	Угол в град.
Анализатор круговой поляризации (АКП)	A	Световой диаметр – 30 мм. Разведение изображений звезды анализатором – 2,3 мм (13,2°)	A-P1	230	P1-C-Zp	3
Плоское зеркало, переворачивающее пучок света в горизонтальную плоскость	P1	Световой диаметр – 83 мм.				
Лазер	Ls	Длина волны – от 635 нм до 670 нм.	P1-S	330	C-Zp-G	6
Внеосевой коллиматор	C	Световой диаметр – 250 мм.	S-C	7800	Zp-G-P	12
Плоское зеркало	Zp	Световой диаметр – 340 мм.	C-Zp	6400		
Дифракционная решетка с 75 штр/мм	G ₇₅	Рабочая поверхность: вертикаль – 300 мм; горизонталь – 250 мм. Угол блеска – 63,5 град..	Zp-G	7850		
Дифракционная решетка с 37,5 штр/мм	G _{37,5}	Рабочая поверхность: вертикаль – 300 мм; горизонталь – 250 мм. Угол блеска – 63,5 град..	G-P	935		
Блок призм-кросс-дисперсоров (состоит из двух призм одинакового размера, изготовленных из материала К8)	P	Высота каждой призмы – 350 мм. Ширина рабочей грани каждой призмы – 220 мм. Преломляющий угол каждой призмы – 45 град.. Расстояние между центром грани первой призмы, на которую падает пучок света, и центром грани второй призмы, из которой пучок выходит – 296 мм. Угол между первой и второй призмами – 72,54 град..	P-CP	115		
Коррекционная пластина	CP	Диаметр – 340 мм.	CP-ZpC	485		
Плоское зеркало, переобращающее свет на камеру	ZpC	Диаметр – 320 мм. Диаметр центрального сквозного отверстия – 80 мм	ZpC-Cam	390		
Зеркало камеры	Cam	Высота – 490 мм. Ширина – 210 мм. Фокусное расстояние – 450 мм.	Cam-Fp	460		
ПЗС (фокальная плоскость)	Fp	Сторона квадратной рабочей поверхности – 25 мм				

Обозначения на рис. 4.

1. Крышки закрывающие щелевую часть.
2. Визуальный подсмотр поля (полевого подсмотр).
3. Телевизионный подсмотр щели.
4. Ключик переключения плоского зеркала Р1 "полевого подсмотр" \leftrightarrow "щель спектрометра".
5. Подсветка креста нитей полевого подсмotra.
6. Общая подсветка.
7. Регулятор. В настоящее время не используется.
8. Включатель и регулятор яркости креста нитей полевого подсмotra.
9. Пульты управления телескопом.
10. Включатель и регулятор. В настоящее время не используется.
11. Включатель и регулятор яркости креста нитей щелевого подсмotra.
12. Ручка поворота лазерного устройства.
13. Ручка ввода-вывода лазерного устройства.
14. Микрофон.

Рис.5

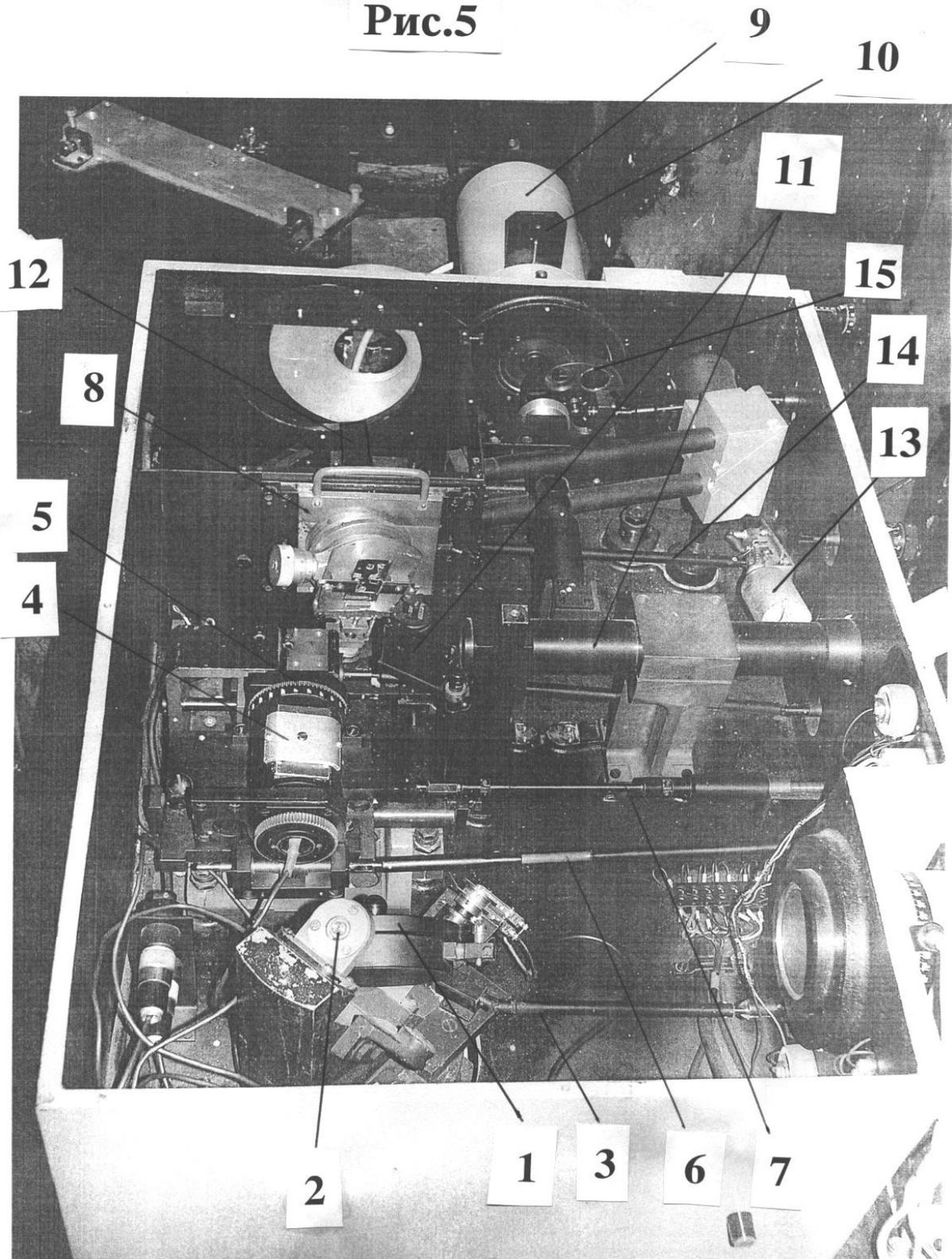


Рис. 5. Щелевая часть.

Обозначения на рис. 5.

1. Плоское зеркало P1.
2. Ось вокруг которой поворачивается P1.
3. Карданный вал поворота P1.
4. Лазерное устройство для юстировки спектрографа.
5. Шкала указывающая угол поворота лазерного устройства.
6. Карданный вал поворота лазерного устройства.
7. Карданный вал ввода-вывода лазерного устройства.
8. Щелевая часть.
9. Корпус ЛПК.
10. Нейтральный фильтр ЛПК.
11. Зеркальце и световой тракт щелевого подсмотра.
12. Затвор.
13. Электротехническая часть затвора.
14. Рычаг передачи усилия на затвор.
15. Блок фильтров в световом тракте ЛПК.

Рис.6

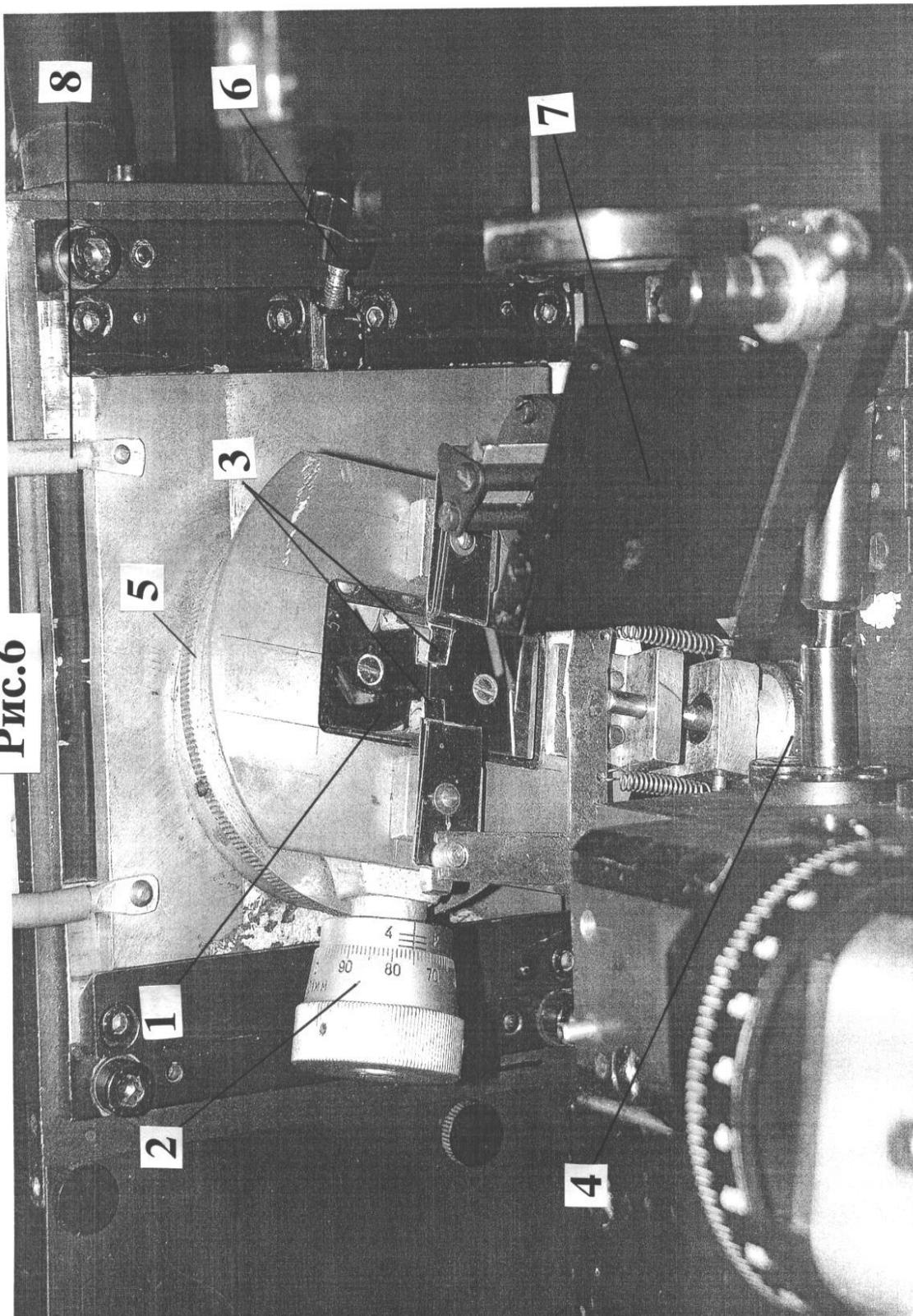


Рис. 6. Устройство щели.

Обозначения на рис. 6.

1. Зеркальная щель.
2. Барабан регулировки ширины щели.
3. Ограничители длины щели.
4. Барабан регулировки высоты щели.
5. Механизм поворота щели.
6. Фиксатор платформ щели.
7. Зеркальце переброса изображения щели на щелевой подсмогр.
8. Ручка для извлечения платформ щели.

Рис.7

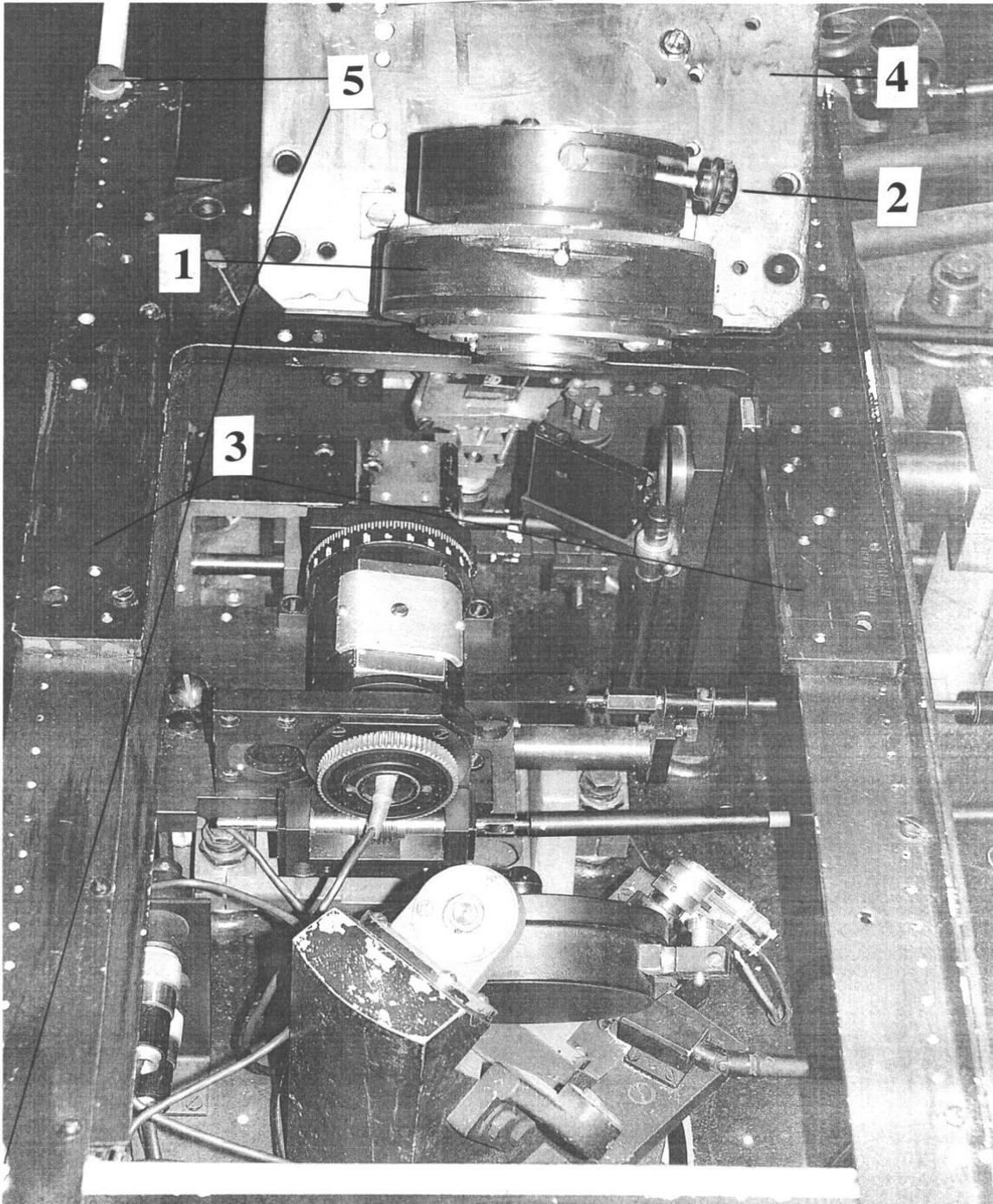


Рис. 7. Щелевая часть с АЦП.

1. АЦП – анализатор циркулярной поляризации.
2. Рычаг поворота входной четвертьволновой фазосдвигающей пластинки.
3. Рама АЦП.
4. Наклонная плита АЦП.
5. Винты фиксаторы АЦП.

Рис.8

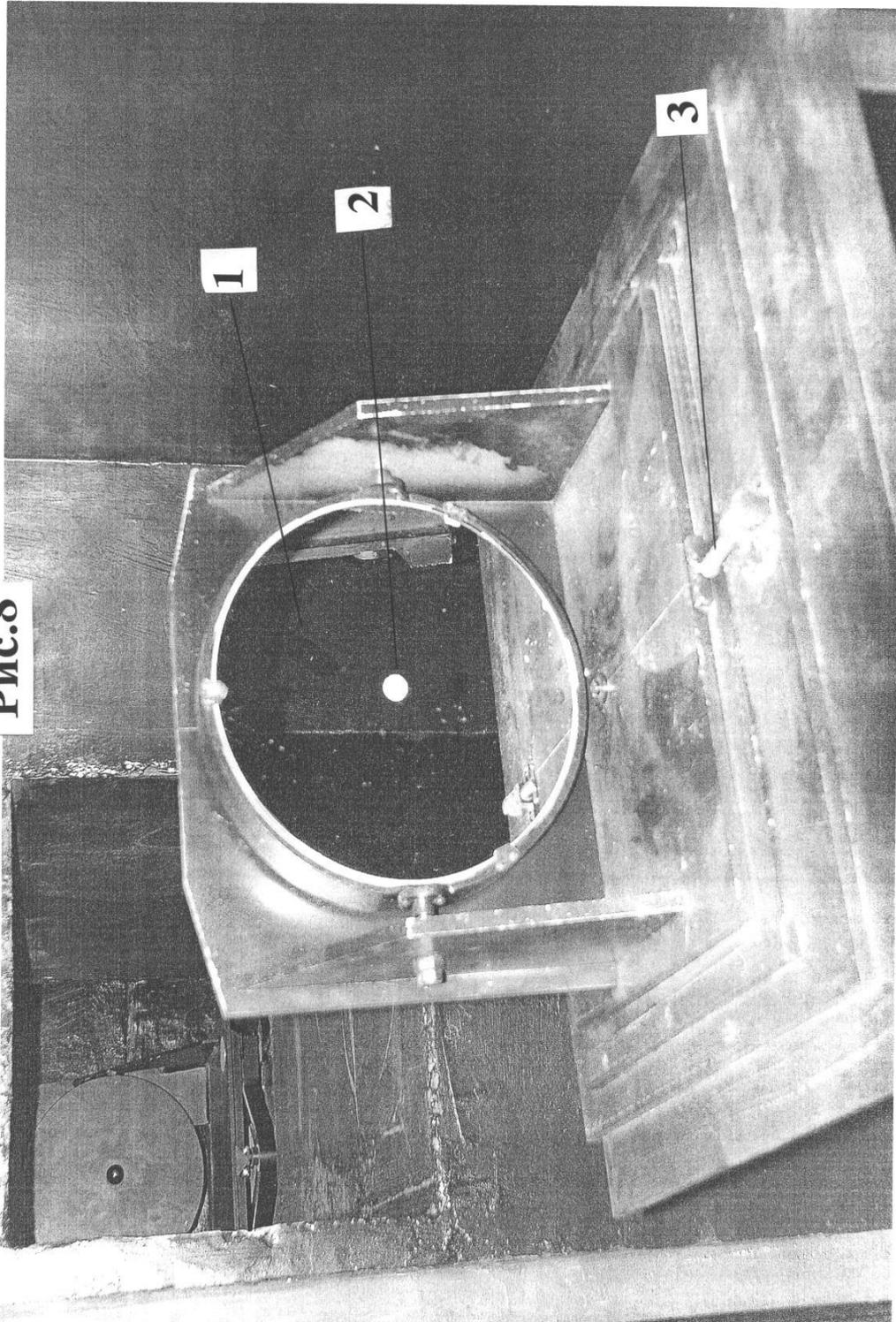


Рис. 8. Коллиматор.

- 1. Коллиматор.
- 2. Центральное пятно.
- 3. Устройство фокусировки коллиматора.

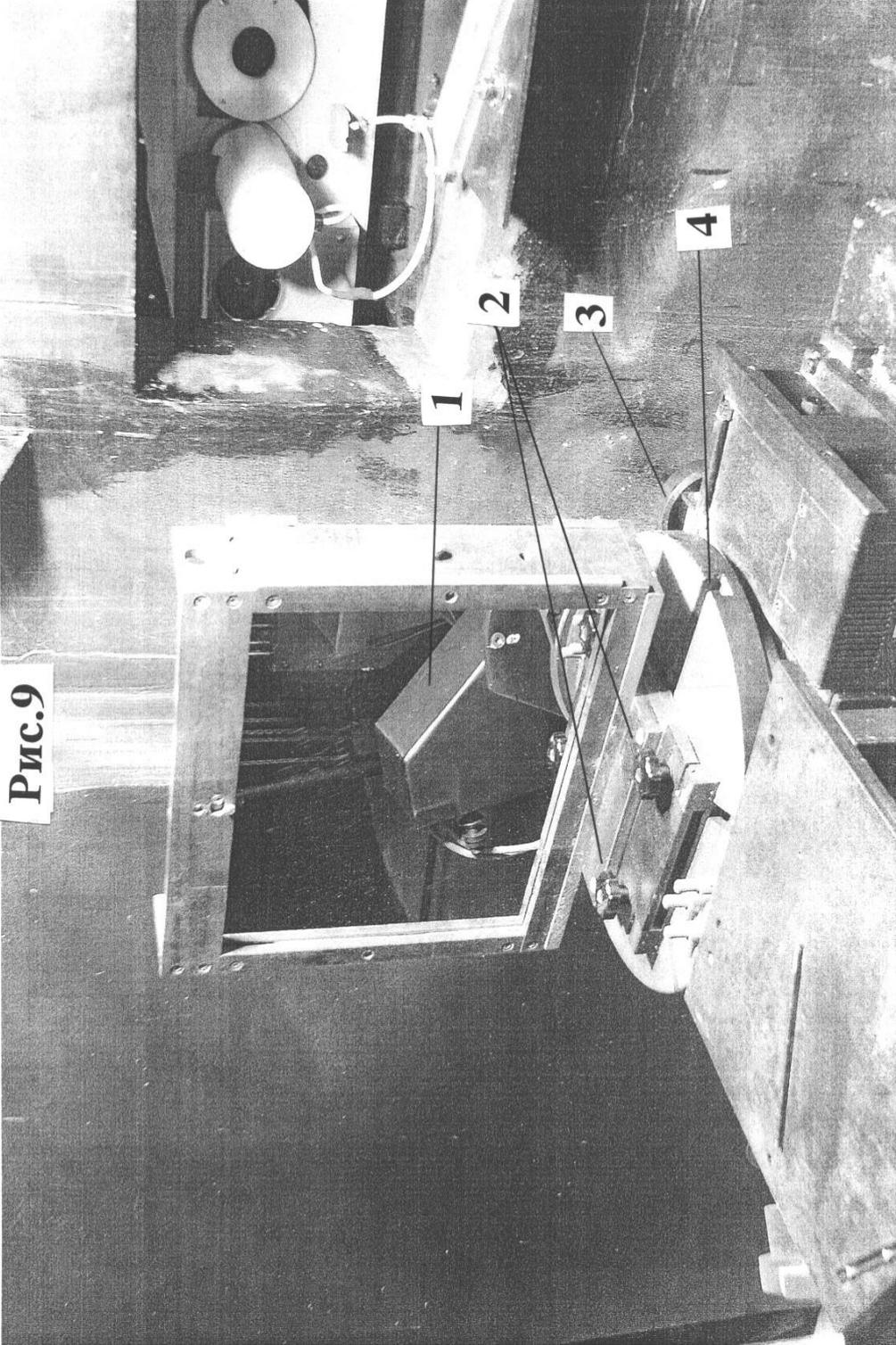


Рис.9

Рис. 9. Плоское зеркало Zr.

- 1. Плоское зеркало.
- 2. Зажимы.
- 3. Вращающаяся платформа с пазом.
- 4. Механизм прецизионного вращения платформы.

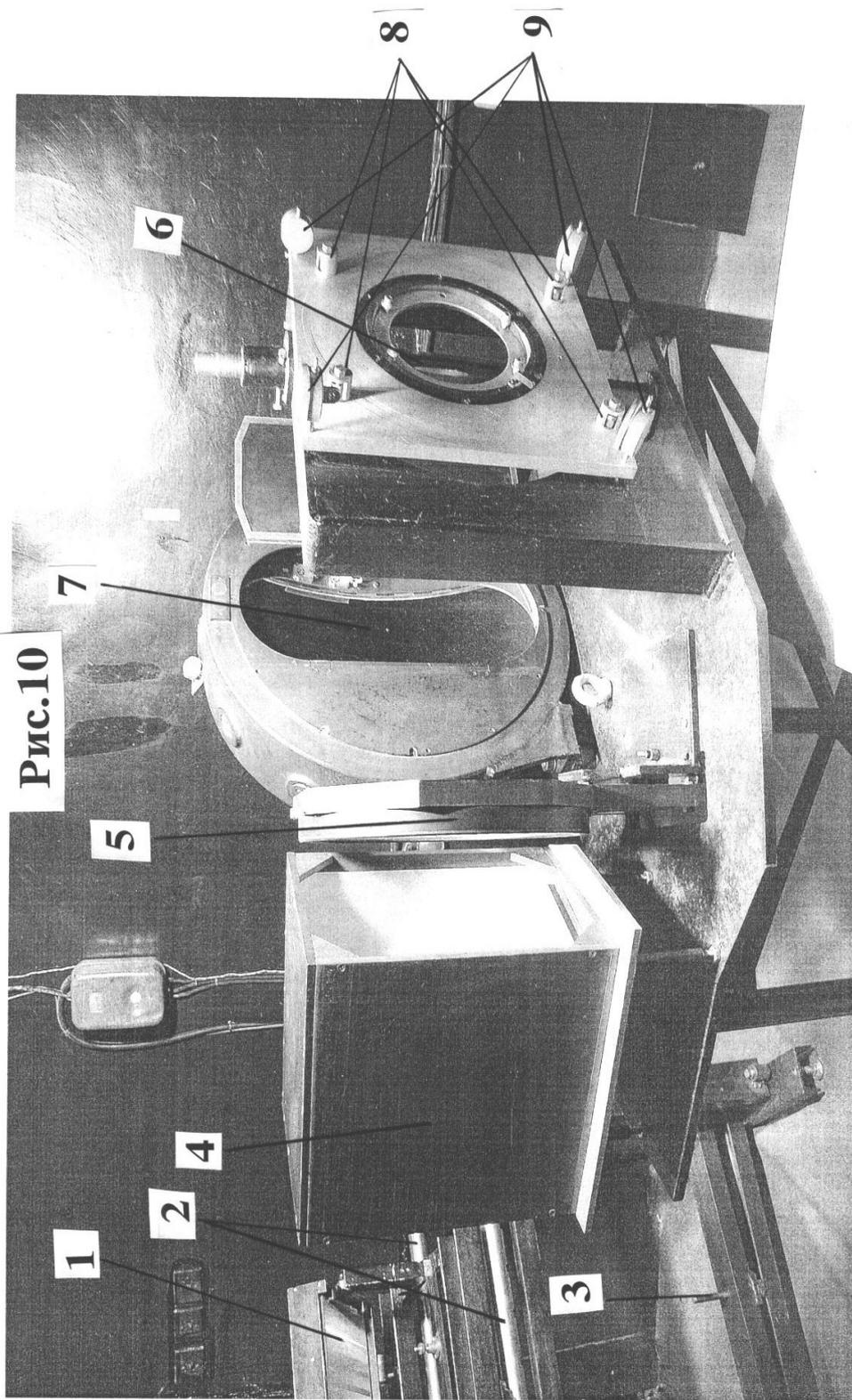


Рис.10

Рис. 10. Диспергирующий узел с камерой.

1. Дифракционная эшелле решетка.
2. Направляющие механизма смены решеток.
3. Вертикальная ось поворота стола
решеток для выставления угла γ .
4. Блок призм-кроссдисперсоров.
5. Коррекционная пластина в оправе.
6. Плоское зеркало с центральным отверстием.
7. Зеркало камеры.
8. Юстировочные винты.
9. Индикаторы контроля положения пластины.

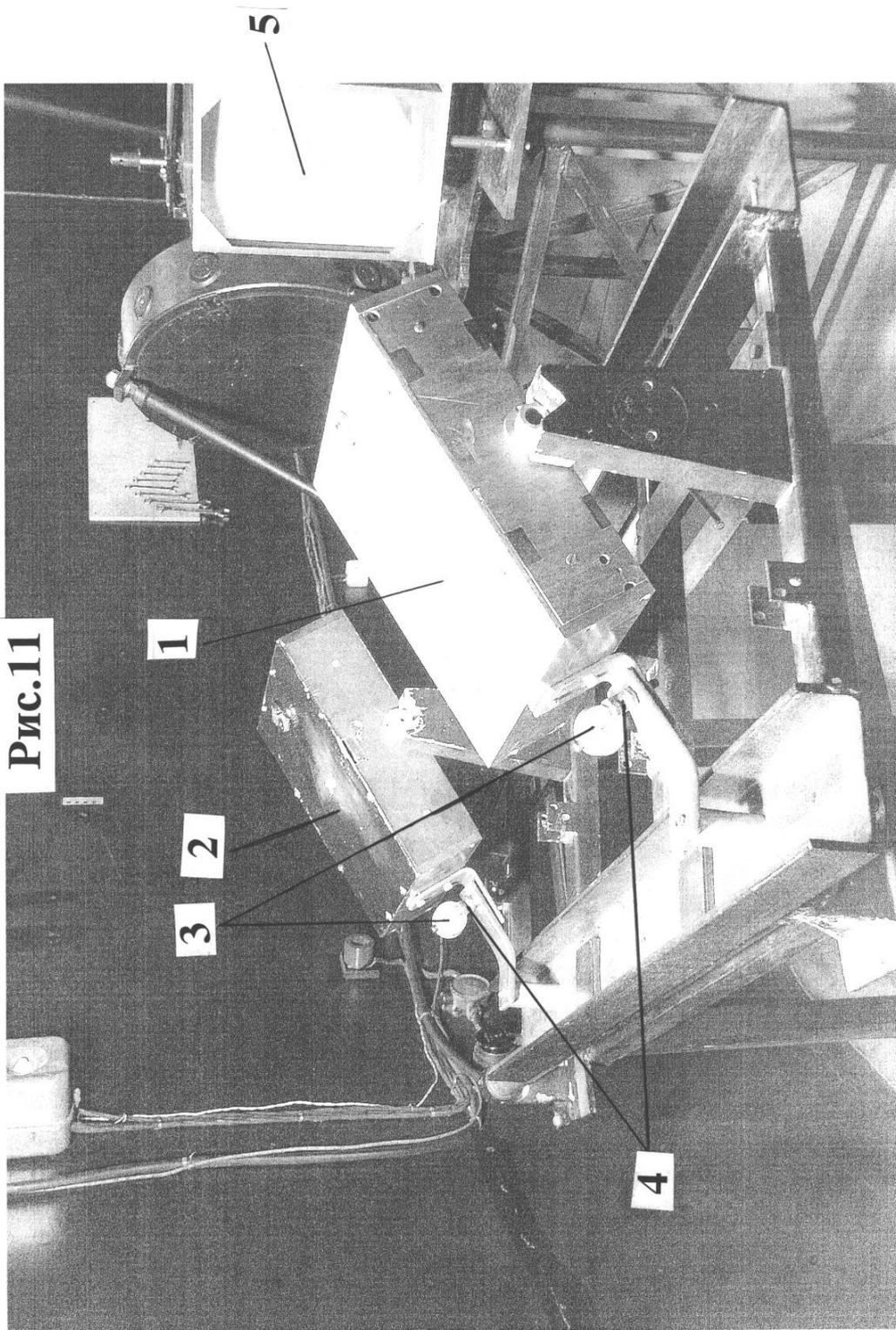


Рис.11

Рис. 11. Стол решеток.

1. Дифракционная эшелле решетка 37.5 штр/мм.
2. Дифракционная эшелле решетка 75 штр/мм.
3. Индикаторы контроля поворота решеток по углу α .
4. Юстировочные винты.
5. Блок призм-кросс-дисперсоров.

Рис.12

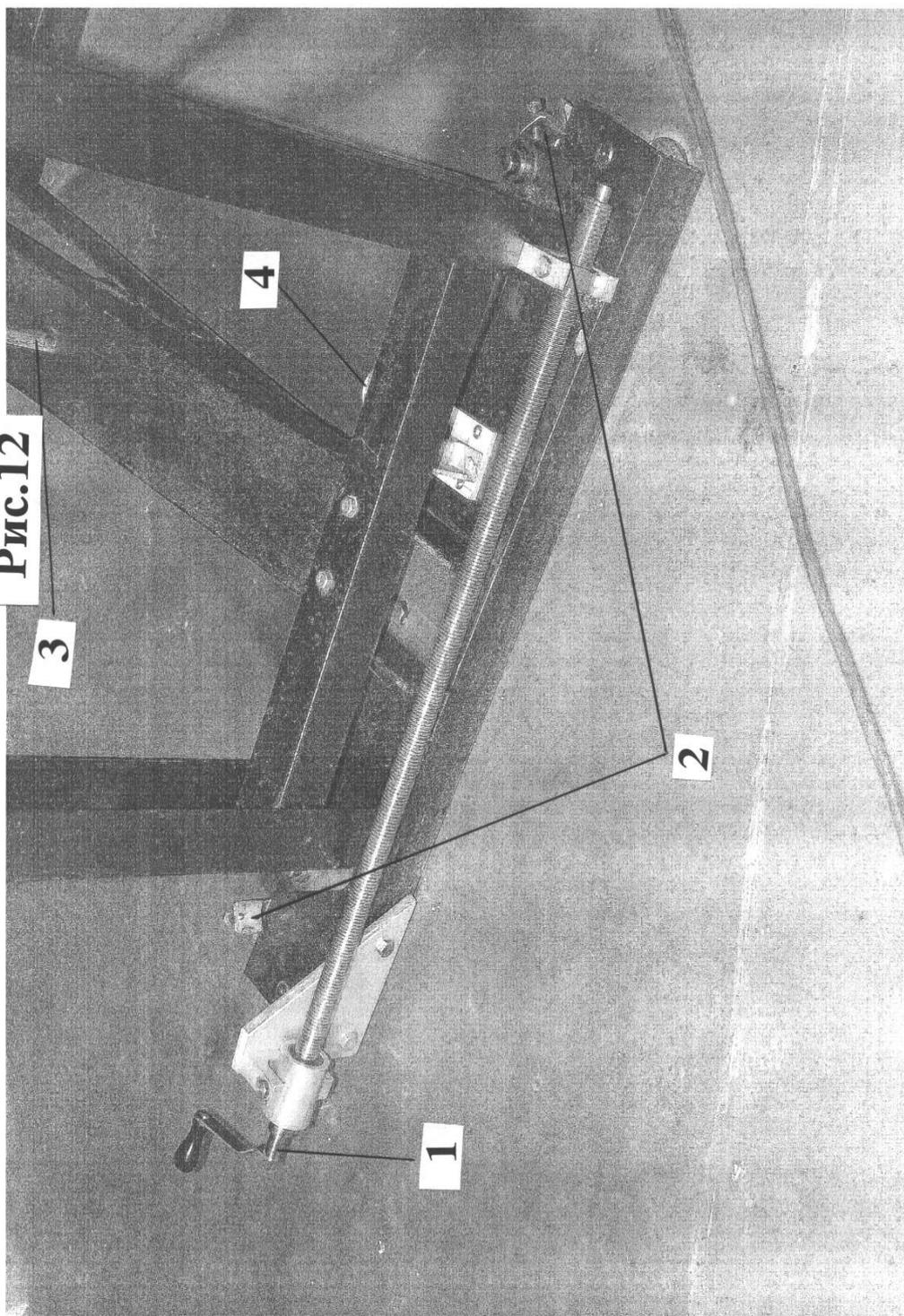


Рис. 12. Механизм поворота стола.

1. Рукоятка винта поворота стола
решеток по углу γ .
2. Ограничительные упоры.
3. Вертикальная ось, вокруг которой
поворачивается стол.
4. Индикатор положения решетки по углу γ .

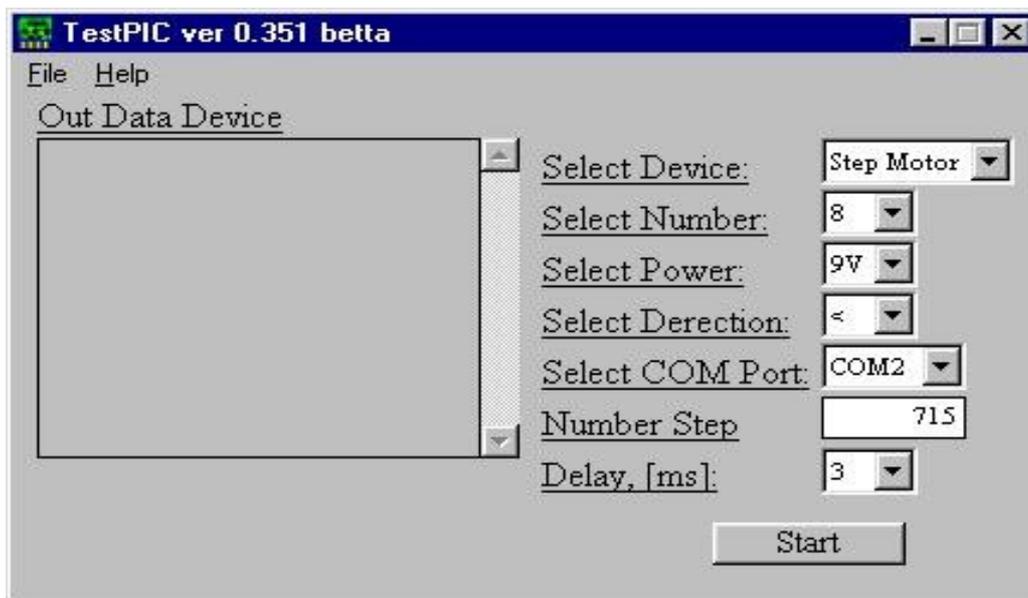


Рис. 13. Окно программы "TestPic" с правильно выставленными параметрами.

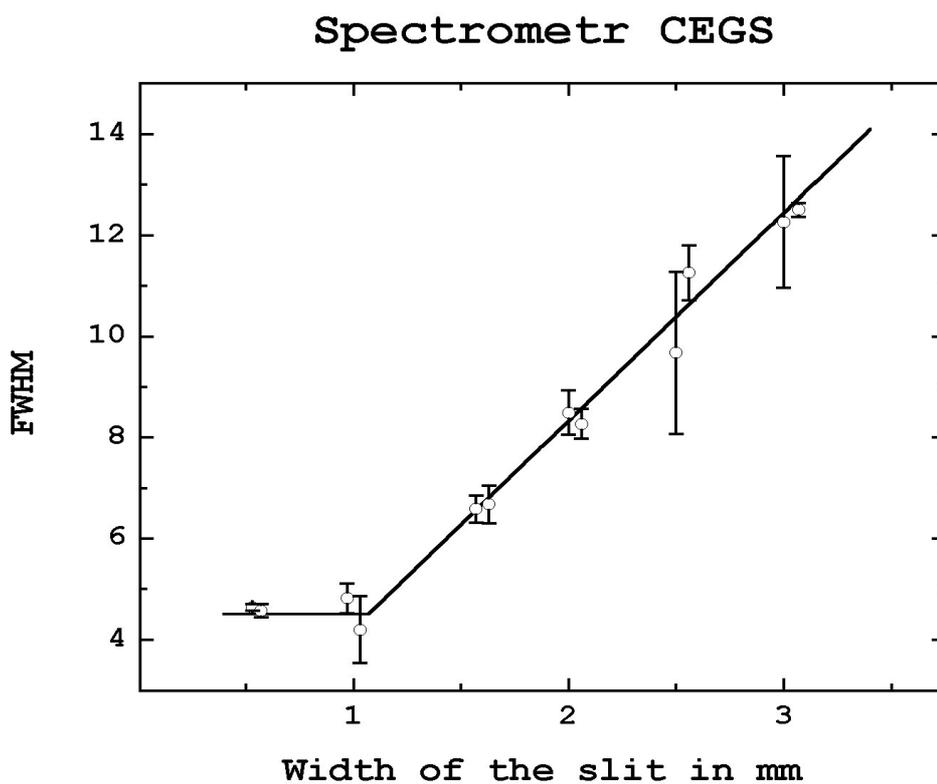


Рис. 14. Зависимость полуширины спектральной линии в пикселях матрицы CRYOCAM, от ширины входной щели спектрометра CEGS в миллиметрах.

4. Инструкция по подготовке спектрометра CEGS к наблюдениям.

1. В сходящийся пучок света вводится плоское диагональное зеркало DM1, находящееся внутри полой трубы склонений на специальных креплениях. После введения в пучок зеркало фиксируется с помощью специальных креплений. Эта операция производится ответственным за телескоп или инженером "Цейсс-1000". После этого выставляется по индикатору, находящемуся в аппаратной, отсчет фокуса телескопа в значение 10.0.
2. Щелевая часть в нерабочем положении закрыта крышками (1 на рис. 4). Для приведения в рабочее состояние крышки снимаются. Снимается защитная крышка с зеркальца P1 (1 на рис. 5). Используя барабаны, выставляются, если это требуется, нужные для наблюдений ширина, высота и угол наклона щели (соответственно 2, 4 и 5 на рис. 6). Угол наклона щели выставляется поворотом всего щелевого механизма вокруг оптической оси. Снимаются защитные крышки с коллиматора, плоского зеркала, коррекционной пластины и камеры (см. рис. 8-10). При необходимости производится выставление углов эшелле решёток¹: γ с помощью механизма поворота стола решёток (1 на рис. 12) и α с помощью юстировочных винтов (4 на рис. 11). Контроль поворотов по углам γ и α осуществляется по индикаторам (для угла γ по индикатору 4 на рис. 12, для угла α по индикатору 3 на рис. 11). При необходимости производится фокусировка камеры (см. подпункт 9 на стр. 29).
3. Установить в аппаратной Цейсс-1000 компьютер с системой управления ПЗС "CRYOCAM" и соединить его с ПЗС-системой с помощью штатного коаксиального кабеля (конец кабеля, подсоединяемый к компьютеру, находится в аппаратной Цейсс-1000, другой конец соединён с ПЗС).
4. Включить блок питания ПЗС.
5. Включить компьютер с системой управления ПЗС и запустить на нём программы CRYOCAM и CCDDISP, расположенные на "Рабочем столе" WINDOWS (если ярлыки программ отсутствуют, программы можно найти соответственно по путям "C:\CRYOCAM\CRYOCAM.EXE" и "C:\CRYOCAM\CCDDISP.EXE").

1 Угол γ должен быть близок к 12° , в противном случае возникают потери света на призмах – часть света проходит мимо; угол α должен быть близок к углу блеска дифракционной решётки (для данных решёток с 75 штр/мм и 37.5 штр/мм этот угол составляет 63.5°), в противном случае возникнут большие потери света на штрихах решётки.

6. Проверить в программе CRYOCAM значения следующих параметров настройки:

ADC – medium;

Gain: Post – 2, Pre – 2;

Exp. Type – Bias frame.

7. Получить изображение² шума считывания (bias) и с помощью программы "Lima", расположенной на "Рабочем столе" WINDOWS (если ярлык программы отсутствует, программу можно найти по пути "D:\lima\lima.exe"), определить по полученному изображению приблизительное среднее значение интенсивности. Оно должно лежать в пределах 100-150. В противном случае необходимо изменить значение параметра *Offset*, снова получить изображение "электронного нуля" и определить приблизительное среднее значение интенсивности шума считывания, и т.д., пока его значение не попадёт в указанные пределы. Примерное рекомендуемое начальное значение *Offset* ~ 9450.

8. Получить изображение спектра стандарта: либо рассеянного от неба солнечного света (sky), либо Луны, либо какой-нибудь яркой звезды с узкими спектральными линиями (например, Проциона). По полученному спектру проверить фокусировку. Делается это следующим образом. Полученное изображение эшелюного спектра нужно открыть в программе Lima. Оно должно быть четким, не размытым. Если изображение или какая-нибудь его часть размыты, то необходимо провести предварительную фокусировку (см. следующий подпункт) до того момента, пока не исчезнет размытость. Далее необходимо более точно проверить фокусировку. Для этого необходимо отобрать по одной-две узкой одиночной не блендированной спектральной линии, исключая водородные и гелиевые линии, в разных частях и порядках эшелюного спектра (в центре и четырёх углах эшелюного изображения, так как необходимо плоскую поверхность ПЗС расположить с наименьшими отклонениями от фокальной менискообразной поверхности камеры), и определить их ширины. Делается это с помощью программы Lima – проводится разрез вдоль дисперсии внутри порядков поперёк отобранных линий и при помощи курсора "мыши" определяется приблизительная ширина линий. Ширины должны быть не больше 7-9 пикселей (для ширины щели спектрометра до 1.07 мм и матрицы CRYOCAM (см. пункт 3 "Оптическая схема спектрометра. Параметры оптических элементов", "щель спектрометра S" на стр. 10); если щель спектрометра больше 1.07 мм, следует сфокусировать оптическую систему (см. следующий подпункт) до тех пор, пока ширина отобранных

2 Изображения, полученные с помощью системы (программы) CRYOCAM, состоят из двух файлов: файл с расширением INF содержит информацию о изображении в формате ASCII, файл с расширением DAT содержит само изображение в двоичном виде. Подробнее о работе с такими изображениями, а также о стандартной редукции изображений, полученных на CEGS, написано в отчёте № 319 CAO РАН [5].

спектральных линий станет наименьшей). В противном случае необходимо более тщательно провести фокусировку оптической системы (см. следующий подпункт) повторить описанный пункт.

9. Фокусировка оптической системы (выполняется только в том случае, если это требуется в пункте 8). Фокусировка оптической системы выполняется с помощью юстировочных винтов (8 на рис. 10), расположенных на платформе, к которой крепится ПЗС. Фокусирование осуществляется путем откручивания или закручивания юстировочных винтов. Величина смещения каждого винта определяется с помощью индикаторов (микрометров), расположенных рядом с винтами (9 на рис. 10). На рис. 15 указано какому юстировочному винту примерно какая область изображения спектра соответствует. Например, если расфокусирована область изображения 1 на рис. 15, то нужно крутить винт 3, если расфокусирована область изображения 2, то нужно крутить винт 4 и т.д.. Если расфокусирован центр изображения, то поворачивать следует все винты на одинаковый угол в одну и ту же сторону. После каждого поворота винтов необходимо выполнить все действия, описываемые в предыдущем подпункте.

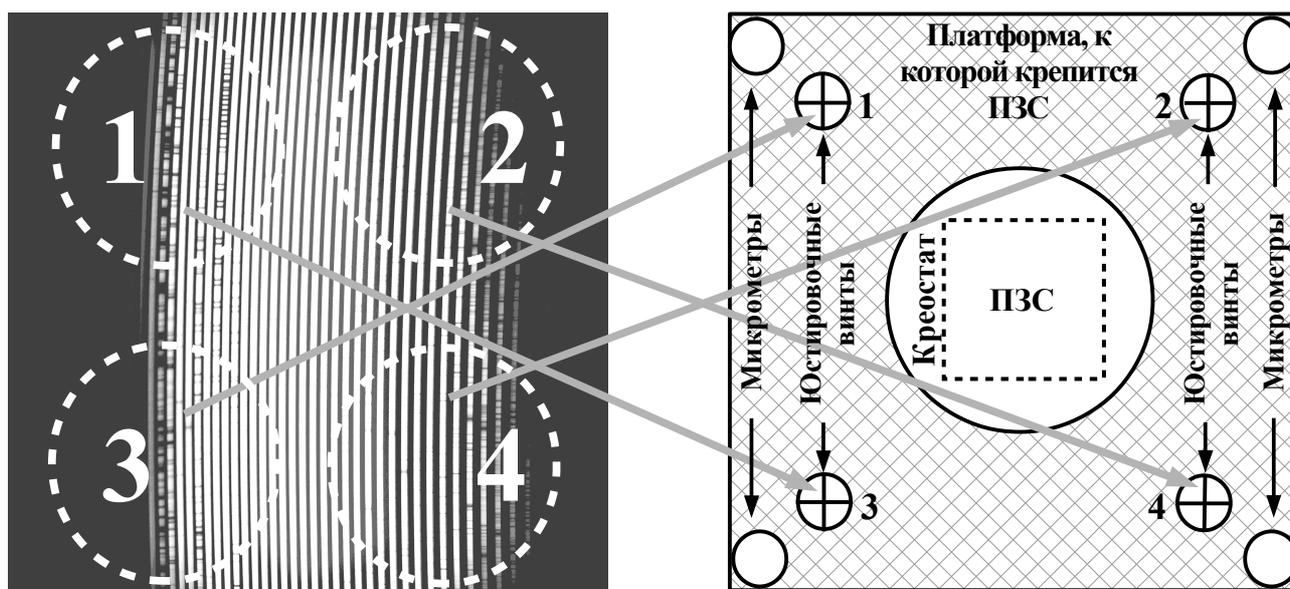


Рис. 15. Соответствие областей изображения спектра юстировочным винтам при фокусировке спектрометра.

Примечания.

Во время эксплуатации спектрометра необходимо периодически, 1 раз в 3-4 месяца, проверять правильность заполнения световым пучком всех элементов и при необходимости производить дополнительную юстировку.

Более подробную информацию, особенно по конструкции отдельных узлов, можно найти в подробных чертежах и инструкциях, в технической документации, которая хранится у ответственного за телескоп.

5. Предписания по общему техобслуживанию спектрометра.

Данное предписание взято из инструкции фирмы производителя "Carl Zeiss, Jena".

5.1. Общее обслуживание.

Для чистки спектрометра применяются обычные средства. Спектрометр нужно один раз в неделю очищать от грязи и пыли. Вход в помещение спектрометра во избежание сильного загрязнения должен быть разрешен только обслуживающему персоналу и служить только для подготовки спектрометра к работе. Во избежание возникновения ржавчины на блестящих поверхностях, их нужно защищать тонким слоем смазки. Места с поврежденным лаковым покрытием нужно очистить, удалить с них смазку и покрыть лаком.

5.2. Чистка оптической системы.

Для очистки оптической системы необходимо иметь в наличии кисточку для оптики, полировальную вату, дистиллированную воду и мягкую, чистую тряпочку для оптики. Сначала нужно с помощью кисточки осторожно удалить пыль с оптической поверхности. Затем нужно увлажнить комочек ваты дистиллированной водой настолько, чтобы с него при чистке не капала вода. Грязь с небольшой поверхности удаляют кругообразными движениями комочка ваты. Комочек ваты нужно менять настолько часто, чтобы с оптической поверхностью соприкасалась только чистая вата. Вымытый таким образом участок поверхности нужно сразу же протереть круговыми движениями сухой полировальной тряпкой, до того, как этот участок высохнет сам по себе. За счет того, что большие оптические поверхности очищают участок за участком, устраняется возможность возникновения царапин, простирающихся на большие поверхности.

6. Инструкция по помещению наблюдательных данных, полученных на SEGGS, в общий архив наблюдательных данных САО РАН.

В соответствии с "Положением об Архиве наблюдательных данных САО РАН" (ссылка в Интернете: http://www.sao.ru/Doc-k8/Science/arch_regul.html) все изображения, представляющие научную ценность, включая калибровочные изображения, полученные на SEGGS, принадлежат САО РАН и их следует помещать в "общий архив наблюдательных данных САО РАН".

Для помещения данных в архив необходимо выполнить следующие действия:

- 1) скопировать помещаемые изображения в формате DAT и INF (см. сноску 1 на стр. 28) на один из серверов САО РАН "big2.sao.ru" или "base1.sao.ru", работающих в системе UNIX (чтобы скопировать файлы, необходимо иметь аккаунт на том сервере³, куда происходит копирование файлов);
- 2) с помощью программы wfits (программу можно взять в лаборатории физики звёзд у В. Д. Бычкова или у автора программы В. В. Власюка), преобразовать скопированные файлы в формат FITS, т.е. исполнить в командной строке BASH команду:

```
./wfits "имя_файла_с_расширением_DAT" -o "имя_объекта" [-с "комментарий"]
```

примечания:

- (1) программа wfits должна находиться в том же каталоге, что и преобразовываемые изображения;
- (2) **необходимо обязательно указать имя объекта(!)**⁴, так как изображение, в fits-заголовке которого отсутствует имя объекта, не представляет ценности для архива;
- (3) **в случае наблюдений с АЦП необходимо указать положение АЦП "a1" или "a2" в комментарии(!)**, в противном случае нельзя будет измерить магнитное поле наблюдаемого объекта;
- (4) если имя файла, имя объекта или комментарий содержат пробелы, то необходимо заключать их в двойные кавычки;

3 Чтобы завести аккаунт на каком-либо сервере САО РАН, нужно обратиться в отдел информатики САО РАН к руководителю системно-административной группы Г. А. Мальковой.

4 В случае получения изображения шума считывания (bias) (см. подпункт 7 пункта 4 на стр. 28) в качестве имени объекта нужно записать слово "bias".

- (5) во избежание неправильного форматирования программой fits-заголовка изображения, необходимо, чтобы имя объекта не превышало 18 символов, а комментарий – 68 символов;
- (6) дополнительные возможности программы wfits можно узнать, запустив её без параметров, т.е.:

./wfits

- 3) скопировать готовые FITS-файлы на сервер CAO РАН tb.sao.ru работающий в системе UNIX (чтобы скопировать файлы на сервер CAO РАН "tb.sao.ru", необходимо иметь на нём аккаунт (см. сноску 3 на стр. 31)), в папку "/Data/archives.z1000/CEGS" (в указанную папку следует помещать папки, содержащие изображения, полученные за одну наблюдательную ночь, причём имена папок должны состоять из даты соответствующих наблюдательных ночей, например, имя каталога для изображений, полученных 31 мая 2010 года, будет 20100531, т.е. четыре первые цифры соответствуют году, вторые две цифры соответствуют месяцу, третьи две цифры – дню)⁵.

⁵ При возникновении каких либо проблем, связанных с помещением данных в "общий архив наблюдательных данных CAO РАН", а также за дополнительной информацией нужно обращаться в отдел информатики CAO РАН в группу системных разработок к О. П. Желенковой или Т. А. Пляскиной.

Заключение.

Спектрометр CEGS является одним из самых востребованных, светоприёмных приборов входящих в состав штатного оборудования 1-м телескопа САО РАН на протяжении ряда лет. Первые наблюдения с этим спектрометром были получены в начале 1993 года и с тех пор этот прибор регулярно используется при выполнении ряда научных программ. Только коллекция зеemanовских спектрограмм полученная на этом приборе превышает 2000. Естественно, что за это время прибор неоднократно усовершенствовался с целью повышения эффективности работы и удобства эксплуатации (Бычков, 2008), но эти изменения не меняли принципиальную схему прибора. В настоящее время с использованием CEGS выполняется четыре научные программы, две из которых являются долгосрочными. Выполнение таких программ стало возможно только благодаря еще одному положительному свойству этого прибора – высокой стабильности характеристик. В настоящее время создан удобный пакет программ в среде MIDAS для редукции получаемого спектрального материала [5]. Также на основе этого пакета программ, для удобства наблюдателей (как сотрудников САО так и сторонних), были успешно выполнены предварительные наработки в области проведения стандартной (первичной) редукции получаемого спектрального материала в режиме on-line через веб-браузер [7], что в настоящее время практикуется в зарубежных астрофизических организациях, к примеру, архив наблюдений КЕСК (КОА) (ссылка в Интернете <https://koa.ipac.caltech.edu/cgi-bin/KOA/nph-KOAlgin>).

Существуют планы активного использования CEGS в научных исследованиях на протяжении ближайших 10 лет.

Благодарности.

Авторы благодарят Романенко В. П. за предоставление фотографий.

Список литературы.

1. Мусаев Ф.А..
ПАЖ, том 22, 795-800, 1996.
2. Bychkov V.D..
Bull.SAO, v.63, pp.83-94, 2008 г..
3. Bychkov V.D., Romanenko V.P., Bychkova L.V..
Bull.SAO, v.45, pp.110-116, 1998 г..
4. Bychkov V.D., Romanenko V.P., Bychkova L.V..
Bull.SAO, v.49, pp.147-151, 2000 г..
5. Шатилов А. В., Бычков В. Д., Монин Д. Н..
Отчёт № 319: "Программа обработки эшельных спектров, полученных на эшельном спектрометре телескопа Цейсс-1000 в фокусе Кудэ".
САО РАН, п. Нижний Архыз, 2009 г..
6. Желенкова О. П., Витковский В. В., Малькова Г. А., Пляскина Т. А., Шергин В. С.;
Бюллетень САО РАН, 58, 52-63: "Состояние и перспективы развития архива наблюдений обсерватории";
САО РАН, п. Нижний Архыз, 2005 г..
Альтернативный источник: ссылка в Интернете (PDF файл)
<http://www.sao.ru/Doc-k8/Science/Public/Bulletin/Vol58/p052-zhe.pdf> .
7. Шатилов А. В., Бычков В. Д..
Отчёт № 323: "Управление стандартной редукцией спектров в режиме on-line через веб-браузер".
САО РАН, п. Нижний Архыз, 2010 г..

