

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КУДЭ-СПЕКТРОГРАФА 2-М ТЕЛЕСКОПА ШАО И ОСНОВНОГО ЗВЕЗДНОГО СПЕКТРОГРАФА БТА

А. Х. Рзаев*, Е. Л. Ченцов

Приводятся и сопоставляются позиционные и фотометрические характеристики, кривые реакции и проникающие силы кудэ-спектрографа 2-м телескопа Шемахинской астрофизической обсерватории АН Азерб. ССР и Основного звездного спектрографа 6-м телескопа САО АН СССР.

Spectrophotometric characteristics, penetrating capability and position accuracy of the Coude spectrograph of the Shemakha Astrophysical Observatory 2-m telescope of Azerb. SSR Academy of Sciences are compared with those of the Mane Stellar Spectrograph of the 6-m telescope of SAO USSR AS.

Большинство задач современной звездной спектроскопии требует высокой фотометрической и позиционной точности. Наблюдательный материал должен обеспечивать наряду со спектральным разрешением достаточный уровень отношения сигнал/шум (в частности, при фотографической регистрации спектр необходимо не только хорошо экспонировать, но и расширять). Это требование затрагивает как светоприемную аппаратуру, так и всю систему телескоп—спектрограф. Наряду с внедрением высокочувствительных ПЗС-матриц и линеек не менее важным остается строительство крупных телескопов со стабильными кудэ-спектрографами. При выполнении той или иной наблюдательной программы важно, конечно, учитывать возможности различных сочетаний телескоп—спектрограф, существующие в разных обсерваториях и по возможности объединять их. Это экономит наблюдательное время крупнейших телескопов (таких, как БТА) и дает возможность охватить более широкий диапазон величин исследуемых звезд. Поэтому исследование и сопоставление эффективности разных систем не менее полезно, чем, например, изучение астроклимата. Следуя решениям всесоюзного совещания «Большие телескопы СССР — проблемы эффективности» [1], мы приводим в данной статье результаты исследования некоторых параметров эффективности двух спектрографов: кудэ-спектрографа 2-м телескопа ШАО АН Азерб. ССР и Основного звездного спектрографа (ОЗСП) БТА. Для сравнения приводятся также некоторые параметры эшелюного кудэ-спектрографа 2.6-м телескопа КраО АН СССР — в связи с тем, что этот тип прибора остается весьма перспективным.

На 2-м телескопе и на БТА проводятся совместные исследования нестационарности атмосфер горячих сверхгигантов. В основном они связаны с двойственностью «убегающих» звезд ранних спектральных классов и с пульсациями голубых и белых сверхгигантов. Из разнообразной спектроскопической информации наиболее существенными являются сдвиги и аномалии профилей линий. Точность определения этих параметров зависит от конструкции и качества изготовления отдельных узлов спектрографа, охарактеризованных в статье кривыми реакции, фокальными кривыми и т. п. Так как большая часть спектрограмм получается со среднефокусными камерами ОЗСП и кудэ-спектрографа 2-м телескопа (фокусы 600 и 700 мм, углы блеска решеток $25^{\circ}10'$ и $23^{\circ}40'$, дисперсии 9 и 8 Å/мм соответственно), исследованы прежде всего эти камеры.

* Шемахинская астрофизическая обсерватория.

Кудэ-спектрограф 2-м телескопа ШАО. Схема конструкции и параметры ОЗСП БТА приведены в [2], возможности и перспективы — в [3, 4]. Данные о кудэ-спектрографе 2.6-м телескопа КраО можно найти в [5]. Параметры и некоторые результаты исследования кудэ-спектрографа 2-м телескопа ШАО опубликованы в [6—8], здесь мы приводим дополнительную информацию о нем.

На 2-м телескопе для наблюдений в фокусе кудэ выделяется обычно по 20—30 ночей 1—2 раза в году. Перестройка оптической схемы осуществляется вручную, обязательно днем и занимает 3—4 ч.

Помещение кудэ находится на втором этаже башни телескопа и состоит из трех комнат (рис. 1). В первой комнате находится пульт управления телескопом, узел связи с подкупольным пространством и узел щели. Узел щели имеет следующие приспособления:

— канал спектра сравнения — в нем используется неоновая или аргоновая лампа с полым железным катодом. Из двух вариантов наполнения предпочти-

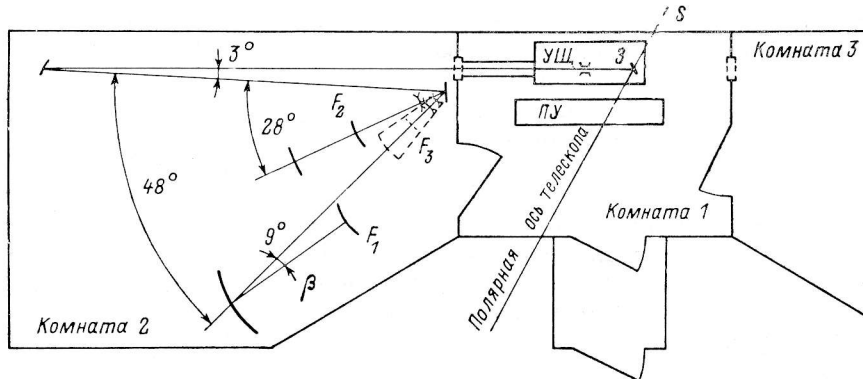


Рис. 1. Схема помещений кудэ-спектрографа 2-м телескопа ШАО АН Азерб.ССР.

ПУ — пульт управления телескопом; УЩ — узел щели; З — плоское зеркало, отбрасывающее свет звезды на щель; β — вертикальный угол, остальные углы горизонтальные.

тельнее аргоновое: спектр газа богаче, его линии распределены равномернее и меньше различаются интенсивностями;

— канал калибровки — фотометрическая шкалка впечатывается на одну пластинку со спектром звезды;

— призма-расширитель — стоит перед щелью и имеет максимальный ход вдоль нее 5 мм, обеспечивающий расширение спектра звезды на пластинке 1.3, 0.65 и 0.35 мм соответственно для 1-й, 2-й и 3-й камер спектрографа;

— компенсатор вращения поля — направляя остаточное смещение изображения звезды по α -координате вдоль щели спектрографа, можно обеспечить расширение спектра до 3.4, 1.7 и 0.85 мм;

— набор порядкоразделительных фильтров — расположены за щелью.

Фотогид и фотоэкспонетр отсутствуют.

Комната 3 расположена к западу от полярной оси телескопа. Оправа плоского зеркала З (рис. 1), направляющего изображение звезды на щель спектрографа, может быть повернута на 180° вокруг вертикальной оси, и свет будет переброшен в 3-ю комнату, где планируется разместить имеющийся в обсерватории интерферометр Фабри—Перо.

Основные детали спектрографа размещены во 2-й комнате. Камера 1 внеосевая, что позволяет применить в ней крупногабаритные светоприемники типа ЭОП, ПЗС-матрицы и т. п. 1-я и 2-я камеры не имеют полеспрямляющих линз — фотопластинки изгибаются по фокальным поверхностям.

Для перекрытия видимой области спектра с единственной имеющейся решеткой (угол блеска $23^\circ 40'$) обычно ограничиваются двумя экспозициями (табл. 1).

Эффективность спектрографа. Решение астрофизических задач, включающих наряду с определением эквивалентных ширин и измерением лучевых скоростей для слабых линий выявление аномалий профилей, отслеживание изменений профилей и дифференциальных сдвигов линий со временем, предъ-

ТАБЛИЦА 1

Номер камеры	Угол наклона решетки	Номер рабочего порядка	Сорт фотоэмульсии Kodak	Диапазон длин волн, Å	Обратная дисперсия, Å/мм
1	49°04'	3	103aO	3400—5000	4
	47 15	2	103aF	5400—6800	6
2	37 30	3	103aO	3400—5000	8
	36 30	2	103aF	5400—6800	12
3	49 04	3	103aO	3400—5000	16
	47 15	2	103aF	5400—6800	24

являет к спектрографу весьма высокие требования. Среди них особо выделим высокую позиционную точность, сочетающуюся с максимально возможной фотометрической точностью. То и другое должно быть реализовано при высоком спектральном разрешении. Но обеспечение высокого разрешения в широком диапазоне длин волн оборачивается большими потерями света на входной щели. В случае хорошо стабилизированного кудэ-спектрографа эти потери можно покрыть увеличением времени экспонирования, но для подвесного прибора типа ОЗСП, отличающегося характерной для такого типа спектрографов позиционной нестабильностью [9] и в связи с этим ограниченностью выдержек, эффективность сильно снижается.

Для сравнения полной эффективности различных сочетаний телескопа и спектрографа воспользуемся произведением $D_T^2 E$, где D_T — диаметр главного зеркала питающей системы, а E — полная эффективность всего оптического тракта, определяемая в основном E_λ — эффективностью спектрографа. Определяющий же фактор E_λ — доля излучения, проникающая в щель (геометрическая эффективность щели):

$$E_\lambda^* \sim \Delta \lambda L n / (a \cos \psi \cdot \beta D_T).$$

Здесь β — угловой диаметр изображения звезды на щели; $\Delta \lambda$ — предел спектрального разрешения; L — размер дифракционной решетки вдоль штриха; a — постоянная решетки, n — порядок; ψ — угол падения. Обсуждаемые величины и их сочетания для эшелювого спектрографа 2.6-м телескопа, для 1-й и 2-й (в скобках) камер кудэ-спектрографа 2-м телескопа и 2-й камеры ОЗСП БТА для $\lambda = 4300 \text{ Å}$ приводятся в табл. 2. Перспективность эшелювого варианта очевидна: в комбинации с 6-м телескопом он вышел бы по эффективности на первое место уже при размере решетки 14 см.

ТАБЛИЦА 2

D_T , м	n	a , μ	$\frac{n}{a \cos \psi}$	L , см	$\frac{Ln}{a \cos \psi}$	$D_T \frac{Ln}{a \cos \psi}$
2.6	60	20	4.3	8	34.4	90
2.0	3	1.67	2.9 (2.3)	15	43.5 (34.5)	87 (69)
6.0	3	1.67	2.9	20	58.0	348

Поскольку в конструкциях всех этих спектрографов в той или иной мере реализован принцип «широкощельности» [10], необходимо затронуть вопрос о его совместимости с перечисленными выше астрофизическими задачами. Дело в том, что этот принцип ориентирован на спектрофотометрию и несет в себе опасность снижения точности позиционных спектральных измерений. Как реакцию на это обстоятельство можно иногда встретить рекомендации ограничивать использование для измерения лучевых скоростей спектрографов со светосильными камерами и дифракционными решетками, вплоть до возврата к призмным приборам [11]. Но именно специфика наших задач и главным образом потребность в комплексной информации, извлекаемой из спектрограмм, не позво-

ляет отказываться от «шир окошечных» спектрографов — речь может идти лишь о тщательном учете и исправлении вносимых ошибок.

Рассмотрим выгоды и издержки варьирования отдельных сомножителей E_{λ}^r , особо выделив $\Delta\lambda$. Предел спектрального разрешения, задаваемый особенностями объекта и характером измерений, может быть увеличен простым раскрытием щели до нужной ширины. Но при этом точность измерения положений линий упадет, и не только в связи с ростом E_{λ}^r , но и за счет снижения чистоты спектра. Кроме того, выявление слабых деталей или малых временных изменений формы линий не позволяет иногда увеличивать $\Delta\lambda$. При ширине детали 0.3–0.5 Å и глубине ее 0.02 задача становится «предельной» уже для звезды 6-й величины: ее реализация с помощью ОЗСП БТА по затратам наблюдательного времени равноценна обнаружению путем фотографирования в прямом фокусе телескопа звезд 24-й–25-й величин. Методические осложнения, связан-

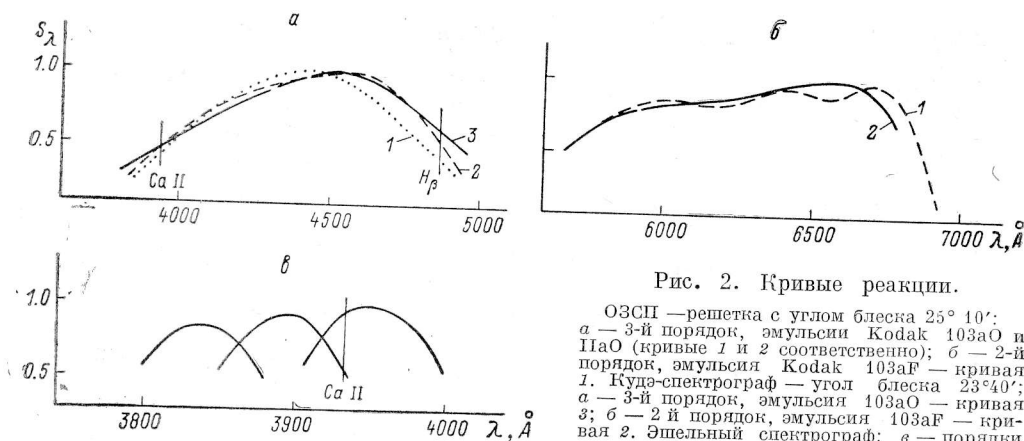


Рис. 2. Кривые реакции.

ОЗСП — решетка с углом блеска $25^{\circ} 10'$:
 а — 3-й порядок, эмульсия Kodak 103aO и NaO (кривые 1 и 2 соответственно); б — 2-й порядок, эмульсия Kodak 103aF — кривая 1. Кудэ-спектрограф — угол блеска $23^{\circ} 40'$:
 а — 3-й порядок, эмульсия 103aO — кривая 3; б — 2-й порядок, эмульсия 103aF — кривая 2. Эшельный спектрограф: а — порядки 66–68, эмульсия Kodak 0aO.

ные с варьированием $\Delta\lambda$, не ограничиваются потерей информации о профилях линий и снижением градиентов плотности, а следовательно, и точности позиционных измерений. Для задач обнаружения и исследования нестационарностей в атмосферах сверхгигантов оптимальным можно считать $\Delta\lambda = 0.3 \text{ \AA}$, что соответствует E_{λ}^r от 0.35 (эшельный и кудэ-спектрографы) до 0.23 (ОЗСП). При этом трем рассматриваемым приборам оказываются доступными звезды с величинами $B = 4^m.5, 6^m.2, 9^m.0$. Последняя цифра почти на величину превосходит таковую для кудэ-спектрографа 5-м рефлектора обсерватории Маунт Паломар [12]. Но рост проникающей силы, как и незначительность снижения E_{λ}^r , обеспечены не только увеличением D_r и L (табл. 2), но и уменьшением дисперсии (1.2, 4 и 9 Å/мм соответственно), сопровождаемым неизбежным снижением точности измерений.

Увеличение размера дифракционной решетки само по себе не вызывает каких-либо опасений. Однако сопутствующее ему увеличение светосилы камеры заставляет повышать требования к ее фокусировке и к идентичности заполнения решетки светом звезды и источника спектра сравнения — во избежание систематических ошибок в измерениях лучевых скоростей. Наиболее светосильные камеры требуют повышенного внимания еще и потому, что они обычно оснащаются полеспрямляющими линзами. Полеспрямляющая линза заметно усложняет кривую дисперсии, а вместе с ней и процедуру редукции позиционных измерений. Кроме того, располагаясь почти вплотную к эмульсии, она нуждается в постоянной заботе о чистоте ее поверхности: малейшее загрязнение линзы вызывает появление трудноучитываемых волн плотности непрерывного спектра и ложных абсорбционных деталей.

С величиной $(n/a) \cos \phi$ (ее можно считать диспергирующей силой решетки) в наше рассмотрение входит зависимость эффективности спектрографа от длины волны. Эта величина — весьма мощный фактор повышения E_{λ}^r . Так, замена ис-

пользуемой ныне решетки на эшелле того же размера могла бы приблизить эффективность кудэ-спектрографа к ожидаемой от введения резателя изображений. Однако переход к более высоким порядкам сопровождается снижением концентрации света обычной решеткой, прогрессирующим к тому же с удалением от области максимальной концентрации. Поскольку на практике приходится иметь дело с совместным эффектом спектральных изменений концентрации, прозрачности оптики (и, в частности, порядкоразделительных фильтров) и атмосферы, чувствительности эмульсии, возникает необходимость в построении кривых реакции, $S(\lambda)$, образцы их показаны на рис. 2. Они получены по спектрограммам звезд-стандартов распределения энергии в спектре как отношения измеренных и стандартных освещенностей в одних и тех же длинах волн. Необходимые данные для η Leo, β Ori, HD 21389, α Lyr взяты из [13].

При изучении слабых и протяженных спектральных деталей особое значение приобретает форма отдельных участков кривых реакции. Например, для

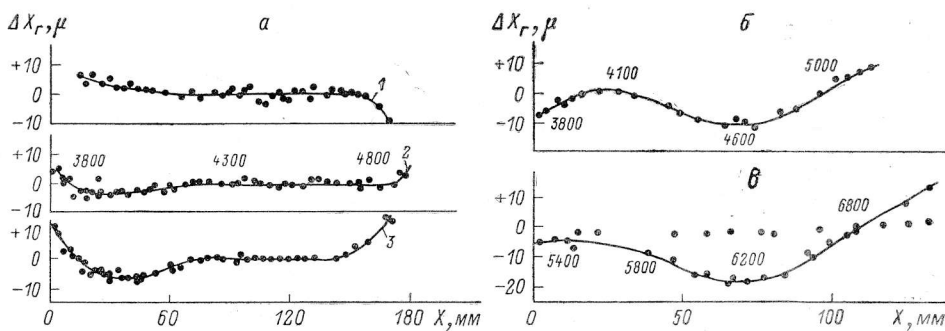


Рис. 3. Фокальные кривые по Гартману.

a — кудэ-спектрограф, 3-й порядок. Цифрами указаны номера камер (камера 3 с полеспрямляющей линзой). ОЗСП, камера 2 с полеспрямляющей линзой; 3-й (*b*) и 2-й (*v*) порядки. Светлые кружки — позиционное рассогласование двух каналов спектра сравнения при полностью раскрытом коллиматоре.

выявления эмиссий λ 4634—4642 Å и HeII λ 4686 Å в спектрах горячих сверхгигантов эмульсия ПаО, как видно из рис. 2, *a*, несколько предпочтительнее эмульсии 103аО.

Необходимость сопоставления параметров линий, сильно разнесенных по λ , заставляет нас стремиться к достижению рабочей плотности почернения спектрограммы за одну экспозицию по всему полю, обеспечиваемому камерой. Однако реализовать это в полной мере удается лишь с помощью эшелльного спектрографа. В случае ОЗСП, оснащенного набором решеток с различными углами блеска, можно сочетать распределение энергии в спектре исследуемой звезды с такой кривой реакции, которая обеспечивает минимальный перепад плотности. Естественно, возникает необходимость оснастить и кудэ-спектрограф 2-м телескопа набором дифракционных решеток.

Наконец, величина $(n/a) \cos \phi$ определяет также кривизну спектральных линий, ее рост должен сопровождаться более тщательным учетом инструментального сдвига звездного и лабораторного спектров, что лучше удается на длиннофокусных (без полеспрямляющей линзы) камерах кудэ-спектрографов.

Точность определения позиционных параметров линий. Позиционные измерения требуют фокусировки камеры именно по Гартману — совпадения средин гартмановских «полулиний», в то время как максимальная резкость линий (и спектральное разрешение) может реализоваться и при некотором их расхождении. Для светосильных камер с полеспрямляющими линзами наблюдается отклонение фокальной поверхности от пластинки, изменяющееся в пределах одной спектрограммы (рис. 3). Это приводит, в частности, к взаимному сдвигу вдоль дисперсии линий спектра сравнения от двух призм, вводящих свет в щель спектрографа, также переменному и коррелированному с дефокусировкой (рис. 3, *v*). Такой сдвиг при хорошей фокусировке для камеры 2 ОЗСП не превышает 2 μ . Естественно, что заполнение коллиматора спектром сравнения от обеих призм должно быть идентичным и обеспечивать одинако-

вость интенсивностей — отклонение от фокуса не только уширяет линию, но и делает ее асимметричной. Асимметрия же, т. е. смещение ядра линии относительно ее крыльев, сопровождается и дифференциальными сдвигами «центров тяжести» линий разной интенсивности и ширины. Таким образом, возникает ложное смещение линий, сильно разнесенных по длине волны.

Отклонения фокальной поверхности от эмульсии — проявления остаточной кривизны поля и хроматизма, вносимого самой линзой. На рис. 3, а кривая 3 мало отличается от кривых 1 и 2 — для камер 1 и 2, не имеющих полеспрямляющих линз. Это говорит о лучшем качестве линзы камеры 3 спектрографа кудэ по сравнению с линзой камеры 2 ОЗСП.

Величины погрешностей, вносимых при редукции позиционных измерений, в значительной степени определяются формой дисперсионной кривой. На рис. 4

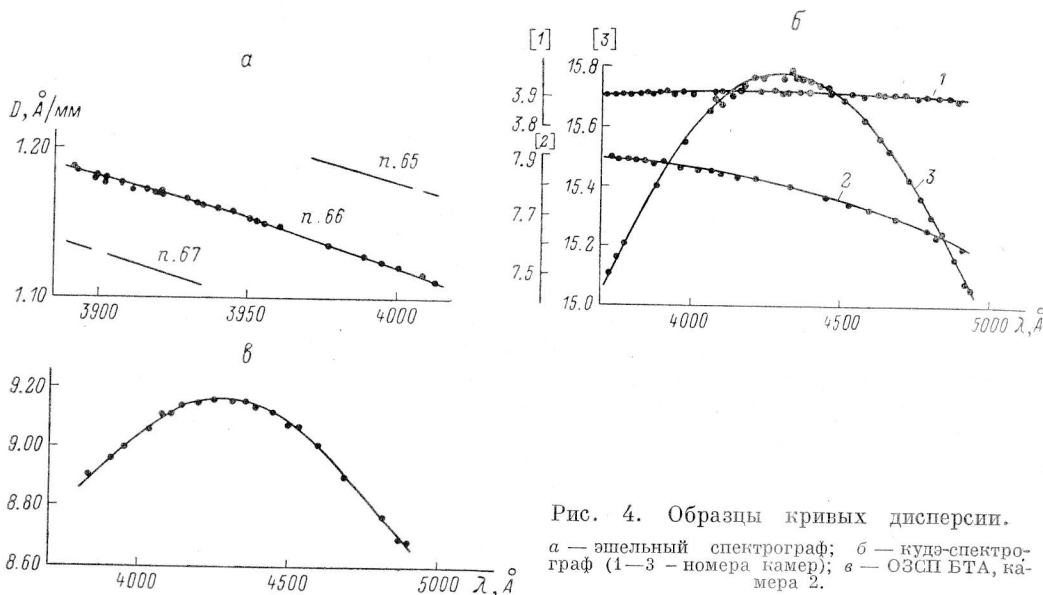


Рис. 4. Образцы кривых дисперсии.

а — эшельный спектрограф; б — кудэ-спектрограф (1—3 — номера камер); в — ОЗСП БТА, камера 2.

сопоставлены кривые дисперсии для некоторых из использованных нами сочетаний решеток и камер. В фотографической области спектра изменение дисперсии эшельного спектрографа достигает 6—7 % для одного порядка и 30 % для всей спектрограммы. Однако это изменение в пределах участков, охваченных непрерывным обмером (не более 40 Å), очень близко к линейному: отклонение зависимости $\lambda (X)$ от квадратичной не превышает 5 мÅ. Важно, конечно, и то, что такая форма дисперсионной кривой сохраняется при переходе от одного участка спектрограммы к другому. Для кудэ-спектрографа 2-м телескопа перепад дисперсии в 1-й и 2-й камерах не так велик — 0.7 и 3.5 % соответственно. Для 3-й камеры он равен 5.2 %, но форма дисперсионной кривой более сложная: в пределах спектрограммы меняются не только степень аппроксимирующего полинома, но и знаки его нелинейных членов. У камеры 2 ОЗСП (также с полеспрямляющей линзой) при перепаде дисперсии, достигающем 6 %, усложнение дисперсионной кривой выступает еще более рельефно.

На рис. 5 приведены лучевые скорости по отдельным линиям в спектрах Солнца (дневное небо), Прокциона (камеры 2 ОЗСП) и α Луг (камера 2 кудэ-спектрографа 2-м телескопа). Остаточные отклонения «локальной» лучевой скорости от ее среднего для всей спектрограммы значения или ложные дифференциальные сдвиги невелики. Как видно из рис. 5, а, они даже мало различаются для звезды и протяженного источника. На рис. 5, б приведен результат усреднения данных трех спектрограмм, полученных в одну ночь 2.11.87. Любопытно, что для этой даты скорости по водородным линиям (светлые кружки на рис. 5, б, $v_r = -10$ км/с) и линиям металлов ($v_r = -13.3$ км/с) различаются, наблюдается даже небольшой бальмеровский ход (штриховая кривая на рис. 5, б).

Контроль систематических ошибок измерения лучевых скоростей постоянно осуществляется с помощью межзвездных линий, имеющихся в спектрах исследуемых звезд. Например, по 28 спектрограммам, полученным во 2-й камере кудэ-спектрографа с 16.08.86 по 24.09.86 для звезды HD 21291 B9 Ia, среднее отклонение v_r (м/з) для одной даты от среднего по всему материалу $\bar{v}_r = -8.1$ км/с

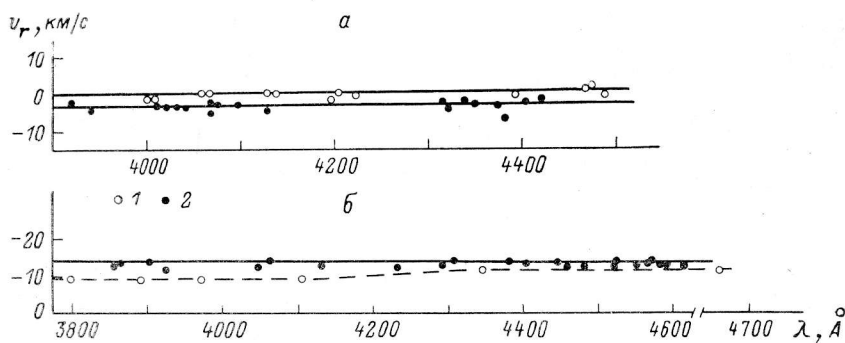


Рис. 5. Лучевые скорости по отдельным линиям.

α — для Солнца (дневное небо) (1) и Прокциона (2), полученные в камере 2 ОЗСП при условиях фокусировки, зафиксированных на рис. 3, б; б — для α Лyr, полученные в камере 2 кудэ-спектрографа; 1 — водородные линии; 2 — линии металлов (пояснения в тексте). Стандартные значения (0.0, -3.3, -13.9 км/с) показаны горизонтальными прямыми.

составило ± 0.7 км/с, максимальные же отклонения не превышают ± 1.3 км/с. Так как спектр исследуемой звезды может иметь и звездные компоненты CaII, возможно, к тому же изменяющиеся со временем, то реальные ошибки, вероятно, еще меньше указанных величин.

Для большей части спектрального материала, полученного с помощью ОЗСП, систематические ошибки ограничены 2 км/с. Имеются отдельные спек-

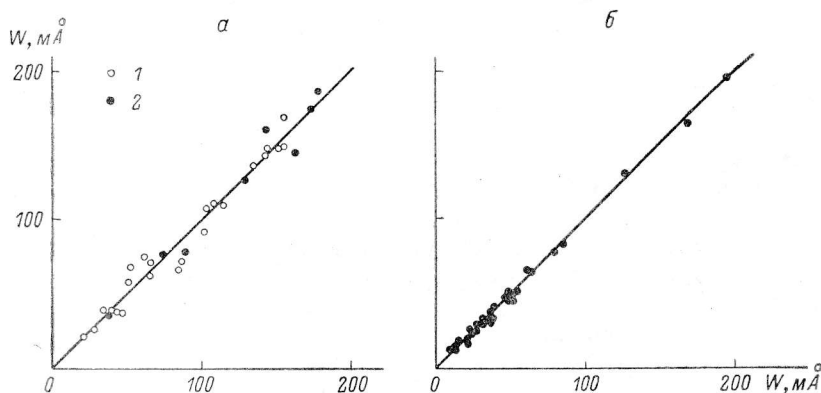


Рис. 6. Сопоставление эквивалентных ширин из [14].

α — для камеры 2 ОЗСП, звезды-стандарты 68 Tau (1) и ρ Leo (2); б — для кудэ-спектрографа (камера 2), стандарт — γ Peg.

трограммы, на которых они доходят до 5—10 км/с — в основном это связано с механическими нестабильностями ОЗСП [9]. Ошибки резко снижаются впечатыванием спектра сравнения в течение всего времени экспонирования звездного спектра или хотя бы перед и вслед за его экспонированием.

Точность определения фотометрических параметров линий. В ОЗСП отсутствует собственное калибровочное устройство. Систематическая ошибка, которая может быть вызвана построением характеристической кривой с помощью лабораторного спектросенситометра, оценена путем сопоставления полученных эквивалентных ширин с их стандартными значениями из [14]. На нормально экспонированных спектрограммах и для не слишком сильных линий эта ошибка не превышает 3 %, что демонстрирует рис. 6, а.

В кудэ-спектрографе 2-м телескопа помимо программных обычно снимается стандартная звезда α Луг, позволяющая строить характеристические кривые по профилям H_α , H_β и H_γ . Как видно из рис. 6, б, систематические ошибки и в этом случае не превышают 2—3 %.

Минимальные глубины и эквивалентные ширины линий с инструментальным профилем, которые еще могут быть измерены без сглаживания шумов на

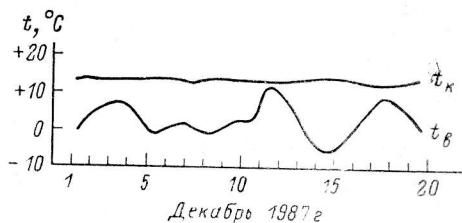


Рис. 7. Кривые хода температур внешнего воздуха (t_n) и комнаты 2 помещения кудэ (t_k) 2-м телескопа.

одной нормально экспонированной спектрограмме с расширением 0.6 мм, для ОЗСП и кудэ-спектрографа близки друг к другу и составляют 0.02—0.03 и 10Å соответственно. Эти величины близки и к пределам, допускаемым микрошумами эмульсий Kodak.

Тепловой режим кудэ-спектрографа. Позиционные и температурные характеристики ОЗСП приведены в [9]. Нестабильность, связанная с изменением температуры, может обнаружиться и в кудэ-спектрографе — в случае его плохой

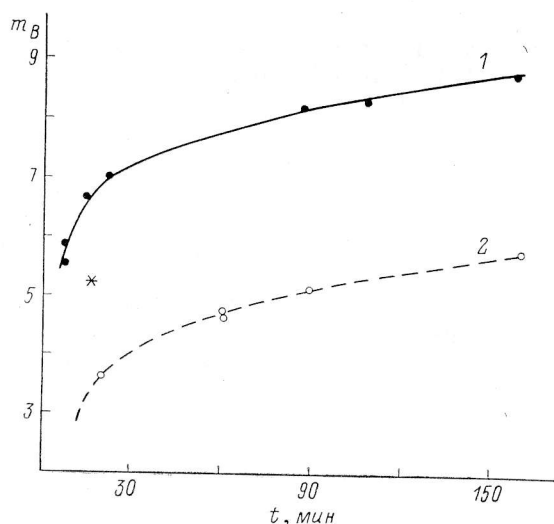


Рис. 8. Кривые проникающей силы для системы В ($\lambda=4300 \text{Å}$):

1 — камера 2 ОЗСП (дисперсия 9Å/мм); 2 — камера 2 кудэ-спектрографа (дисперсия 8Å/мм) — по спектрограммам 1986—1987 гг.; * — оценка проникающей силы для кудэ-спектрографа по спектрограмме, полученной в 1972 г. (пояснения в тексте).

теплоизоляции. На рис. 7 приведены кривые изменения температуры вне башни и в комнате 2 помещения кудэ, характерные для осенне-зимнего сезона, когда наблюдаются резкие скачки температуры воздуха. В комнате 1 приблизительно на 0.5°C теплее, чем в комнате 2. Можно заметить, что тепловая инерционность помещения кудэ близка к 3 дням. При резких похолоданиях или потеплениях температура в нем меняется очень мало. За сутки изменение температуры в комнате 2 не превышает 0.3°C . Сезонных изменений фокусных расстояний камер не обнаружено.

Проникающая сила. Рис. 8 показывает изменение с выдержкой B -величин, для которых при хороших погодных условиях в камерах 2 ОЗСП и кудэ-спектрографа обеспечено получение нормально экспонированных спектрограмм. Данные, по которым строились кривые, подвергались коррекции, затрагивавшей лишь звездную величину: к ней добавлялись поправки за отклонение плот-

ности от 1.0 (по характеристической кривой), высоты спектра — от 1.0 мм, ширины щели — от 0.4 и 0.3 мм, а размера изображения звезды на ней — от 2'5 и 2'0 для ОЗСП и кудэ-спектрографа соответственно (в обоих случаях отношение ширины щели и размера изображения составляет 0.18). Форма обеих кривых одинакова, она отражает ту степень отклонения от взаимозаменяемости эмульсии Kodak ШаО, при которой ослабление звезды на одну величину компенсируется увеличением выдержки в 3 раза.

Как видно из рис. 8, проникающая сила у ОЗСП на 3^м больше, чем у кудэ-спектрографа, в то время как, по данным табл. 1, разница должна составлять лишь 1^м6. Причину этого расхождения мы видим в следующем:

1) все зеркала системы кудэ последний раз алюминировались в 1980 г., и с тех пор не проводилась профилактическая чистка. Больше всего загрязнено главное зеркало, главным образом пылью от строительства 1984—1985 гг. рядом с башней и от проходящей в 1 км от нее грунтовой дороги;

2) единственная дифракционная решетка сильно изношена, ее поверхность не только загрязнена, но и в течение 20 лет подвергалась физическим воздействиям, имеет царапины и пятна.

По спектрограмме, полученной 9.10.72, обсуждаемая разница составляет 1^м4—1^м5 (рис. 8, звездочка). Исходя из этого, нам представляются очевидными следующие рекомендации для 2-м телескопа ШаО и его кудэ-спектрографа:

— следуя решению всесоюзного совещания [1], создать вокруг обсерватории охранную зону,

— следуя опыту САО, один раз в году мыть и через каждые 3 года алюминировать заново зеркала,

— оснастить спектрограф набором решеток с различными углами блеска.

Заключение. Уступая ОЗСП БТА в проникающей силе, по ряду других характеристик кудэ-спектрограф 2-м телескопа ШаО АН Азерб. ССР сравним с ним. При решении некоторых задач его использование может оказаться даже более выгодным. Обеспечение его набором решеток, использование резателя изображения [15, 16, 17], эшелле-варианта спектрографа, ПЗС-линейки или матрицы (учитывая наличие камеры с внешним фокусом) может поднять его эффективность до нынешнего уровня ОЗСП БТА. Это еще раз подтверждает правильность вывода, сделанного в [1]: «Наряду с решением научно-технических проблем эффективность работы БТА и других крупных телескопов может быть повышена только лишь при разработке общесоюзных астрофизических программ с комплексным использованием при их решении всей существующей наблюдательной базы».

Авторы благодарны И. Ф. Бикмаеву, И. М. Копылову, Ф. А. Мусаеву, В. Е. Панчуку, Г. Г. Русакову за информацию, советы и помощь в работе.

Литература

1. Материалы совещания «Большие телескопы СССР — проблемы эффективности» (пос. Нижний Архыз, 14—17 апр. 1987 г.) // Сообщ. САО. 1987. 56. С. 7—9.
2. Копылов И. М., Рылов В. С. Спектральная аппаратура для 6-метрового телескопа (БТА) // Новая техника в астрономии. 1979. Вып. 6. С. 24—31.
3. Гажур Э. Б., Найденов И. Д., Панчук В. Е., Перепелицын Е. И. Улучшение характеристик Основного звездного спектрографа БТА // Астрофиз. исслед. (Изв. САО). 1986. 23. С. 105—110.
4. Бикмаев И. Ф., Ключкова В. Г., Панчук В. Е. Фотометрические характеристики Основного звездного спектрографа БТА // Астрофиз. исслед. (Изв. САО). 1986. 23. С. 118—126.
5. Копылов И. М., Стещенко Н. В. Звездный спектрограф с эшелле // Изв. КрАО. 1965. 33. С. 308—312.
6. Асланов И. А. Восемь лет работы с 2-м зеркальным телескопом народного предприятия «Карл Цейсс Йена» // Йенское обозрение. 1975. № 1. С. 13—17.
7. Асланов И. А. Спектрограф кудэ и другие приборы для исследования магнитного поля звезд // Циркуляр ШаО. 1975. 45. С. 3—16.
8. Асланов И. А., Султанов Г. Ф. Инструменты Шемахинской астрофизической обсерватории // Циркуляр ШаО. 1970. 2. С. 3—9.
9. Бикмаев И. Ф., Панчук В. Е. Исследование позиционных характеристик Основного звездного спектрографа 6-м телескопа (БТА) // Астрофиз. исслед. (Изв. САО). 1986. 23. С. 111—116.
10. Bowen I. S. Astronomical spectrographs: Past, Present, and Future // Vistas in astron. 1955. 1. P. 400—405.

11. Шайн Г. А., Мельников О. А. Систематические и случайные ошибки при определении лучевых скоростей // Курс астрофизики и звездной астрономии. М., 1973. 1. С. 360—367.
12. Richardson E. H., Brealey G. A., Dancey R. An efficient coude spectrograph system // Publ. Dom. astrophys. obs. Victoria. 1971. 14, nr 1. 15 p.
13. Харитонов А. В., Терещенко В. М., Князева Л. Н. Сводный спектрофотометрический каталог звезд. Алма-Ата: Наука, 1978. 198 с.
14. Wright K. O., Lee E. K., Jacobson T. V., Greenstein J. L. Line intensities in the spectra of representative stars of spectral types B to G. // Publ. Dom. astrophys. obs. Victoria. 1964. 12, nr 7. P. 173—291.
15. Walraven Th. and J. H. Some features of the Leiden radial velocity instrument // ESO/CRRN conference on auxiliary instrumentation for large telescopes. Geneva, 1972. P. 175—183.
16. Richardson E. H. Image slicers for image-tube spectrographs // ESO / CERN conference on auxiliary instrumentation for large telescopes. Geneva, 1972. P. 275—284.
17. Афанасьев В. Л., Гажур Э. Б., Панчук В. Е. // Бюл. изобр. отк. 1986. 21. С. 172.

Поступила в редакцию
13 февраля 1989 г.