

Н. С. АСАТЯН, С. В. ЛИПАТОВ

АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ПРИЕМНАЯ СИСТЕМА С ТРЕХКАМЕРНЫМ ЭОП НОВОЙ МОДИФИКАЦИИ УМК-92 В И НЕКОТОРЫЕ НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Введение. В современной астрофизике решение ряда задач требует значительного повышения чувствительности применяемых методов наблюдения. Чувствительность астрофизической аппаратуры повышают применением методов регистрации, в которых с наибольшей эффективностью используется поток фотонов, собираемый телескопом.

Одним из таких методов, как известно, является использование электроннооптических преобразователей (ЭОП). В 1982 г. в Бюранской астрофизической обсерватории (БАО) прошла испытания на 2,6 метровом телескопе (ЗТА-2,6) установка для регистрации спектров слабых астрономических объектов на базе трехкамерного металло-керамического ЭОП новой модификации УМК-92В. Установка была состыкована с универсальным дифракционным астроспектрографом UAGS производства народного предприятия «Карл Цейс Йена» (ГДР). Регистрация изображения с экрана ЭОП производилась фото-контактным способом.

Приведем состав и основные параметры установки, а также результаты ее метрологических исследований в лаборатории и некоторые астрофизические результаты, полученные в ходе испытаний на телескопе.

1. Состав и основные технические параметры установки. В состав установки входят:

а) трехкамерный (двухкаскадный) ЭОП УМК-92В с магнитной фокусировкой изображения с входным многощелочным фотокатодом, размером 23×40 мм² и выходным экраном, диаметром 40 мм, на волоконно-оптическом диске. Квантовый выход входного многощелочного фотокатода в максимуме его спектральной чувствительности ($\lambda_{\text{max}} = 0,45$ мкм) для нашего экземпляра ЭОП составляет 10%, а на волне 0,80 мкм он падает до 1%;

б) система электромагнитной фокусировки электронного изображения;

в) многокадровая высоковольтная фотоприставка для контактного фотографирования с экрана ЭОП;

г) вспомогательная аппаратура, обеспечивающая электропитание ЭОП и фокусирующей системы.

1.1. Система электромагнитной фокусировки. Для стыковки ЭОП УМК-92В с камерой светосильного спектрографа UAGS вместо фокусирующей системы из трех коротких катушек был создан короткий соленоид с коррекцией магнитного поля на краях.

Удовлетворительная однородность электромагнитного поля позволила в достаточной мере сохранить положительные характеристики ЭОП УМК-92В (разрешение по полю, геометрические искажения), которые, как известно, резко ухудшаются при использовании трех коротких катушек с неоднородным полем.

Рабочий ток на первом фокусе 4а при ускоряющем напряжении 32 кВ.

От нагрева катушки преобразователь защищен холодильником-рубашкой с проточной водой, а от влияния постороннего магнитного поля величиной до 5 Гс—магнитным экраном из пермаллоя.

Электронно-оптическое масштабное преобразование изображения, т. е. отношение размера изображения на выходном люминесцентном экране к размеру исходного изображения на входном фотокатоде, определяемое полностью фокусирующей системой ЭОП, для нашей установки составляет 0,912.

Сказанное о масштабе изображения приходится учитывать при точном определении углового масштаба изображения на спектрограмме, перпендикулярно к направлению дисперсии.

1.2. Многокадровая высоковольтная фотоприставка. Контактное фотографирование с выходного экрана ЭОП УМК-92В осуществляется с помощью оригинальной по конструкции многокадровой высоковольтной фотоприставки, предназначенной для фотопленки, шириной 35 мм. Фотоприставка работает при напряжении на экране ЭОП до 45 кВ, при этом отсутствуют локальные почернения пленки от стекания статических зарядов, что было характерно для контактных фотоприставок, работающих под высоким напряжением.

Электропитание преобразователя осуществлялось от блоков МБП-52М, а фокусирующей катушки—от блока БП-59К, которые имеют стабилизацию не хуже 0,1%.

Оснастка ЭОП позволяет работать в условиях температуры окружающей среды от -30° до $+35^{\circ}$.

Возвращаясь к установке в целом, добавим следующее: поскольку вес установки сравним с весом спектрографа UAGS, ее крепление на спектрографе дополнительно осуществляется с помощью кронштейна, крепящегося к фланцу UAGS и обеспечивающего нормальную работу установки на движущемся телескопе при любой ориентации в пространстве.

2. Методика испытаний и результаты. Испытания установки произвелись в БАО как в лабораторных условиях, так и на телескопе ЗТА-2,6 в сочетании со спектрографом UAGS.

Испытания на телескопе велись в западном фокусе Нэсмита, где устанавливается спектрограф. Масштаб изображения в фокусе Нэсмита 5 угл. с/мм.

В спектрографе UAGS возможность применения ЭОП для усиления яркости изображения предусмотрена на камере Шмидта-Кассегрена. Линейный диаметр невиньетированного поля изображения камеры с учетом коэффициента электронно-оптического масштабного преобразования электромагнитной системы ЭОП УМК-92В равен 24 мм, а масштаб изображения в фокальной плоскости перпендикулярный к направлению дисперсии—43,5 угл. с/мм.

Оптическая схема установки ЭОП на спектрографе UAGS в фокусе Нэсмита ЗТА-2,6 показана на рис. 1, а общий вид системы—на рис. 2.

При фотографировании использовались высокочувствительные астропленки Кодак 103а-О, А-500Н и А-500У. Кривые спектральной чувствительности указанных пленок хорошо согласуются со спектром излучения экрана ЭОП УМК-92В (люминофор марки К-71).

Источником спектра сравнения служит газоразрядная лампа с наполнением неон-ртуть.

2.1. Электронно-оптическая юстировка ЭОП. Юстировка производится по мере ГОИ. На катушку привинчивается проектор и подсмотр. Изображение мира рассматривается в микроскоп с увеличением $\times 20$.

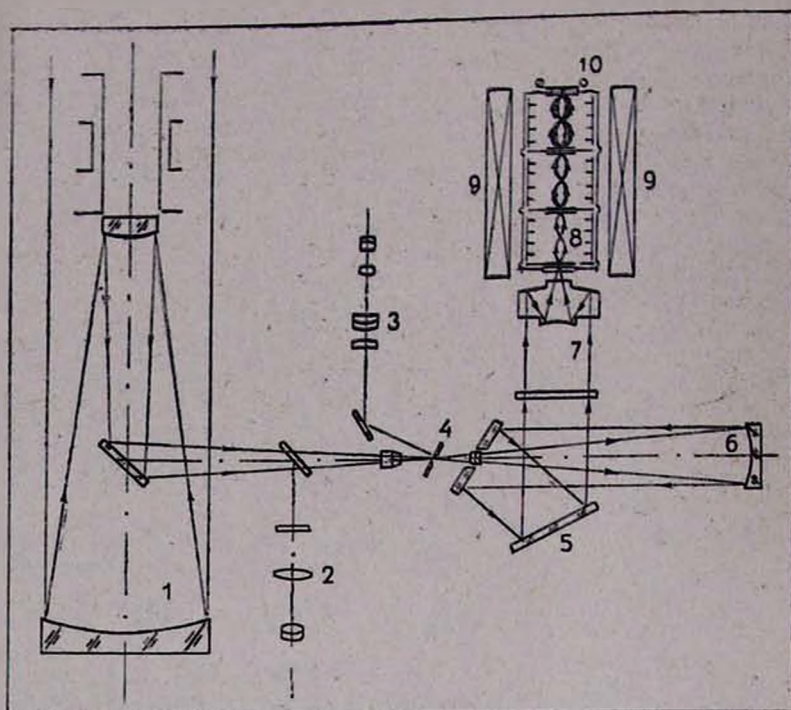


Рис. 1. Оптическая схема установки ЭОП УМК-92В на спектрографе UAGS в фокусе Нэсмита ЗТА-2,6: 1—оптическая схема системы Нэсмита ЗТА-2,6; 2—визир спектрографа; 3—система для наблюдения за щелью; 4—щель; 5—дифракционная решетка; 6—коллиматор; 7—камера Шмидта-Кассегрена; 8—ЭОП УМК-92В; 9—соленоид магнитной системы ЭОП; 10—многокадровая фотоприставка

Операция не требует оптической скамьи и затемненного помещения. Охлаждения катушки на это время также не требуется.

2.2. Разрешающая способность. При помощи миры ГОИ измерялось разрешение по рабочему полю экрана ЭОП: в центре и на расстояниях 5, 10, 15, 20 мм от центра, в трех рабочих режимах ЭОП с ускоряющими напряжениями 41, 36, 5 и 32 кВ.

Результаты измерений приведены в табл. 1.

Как показывает таблица, прибор УМК-92В с коротким соленоидом с коррекцией магнитного поля на краях обеспечивает разрешение

26—28 $\frac{\text{пар лин.}}{\text{мм}}$ в пределах поля диаметром 20 мм.

Визуальному разрешению 28 $\frac{\text{пар лин.}}{\text{мм}}$ соответствует фотографическое разрешение с 10% контрастом 21 $\frac{\text{пар лин.}}{\text{мм}}$.

2.3. Темновое свечение экрана. В составе шумов современного трехкамерного ЭОП, изготовленного методом манипулятора, имеются однопоточный термоток с фотокатода, резко падающий с уменьшением температуры, и зависящая от ускоряющего напряжения много-

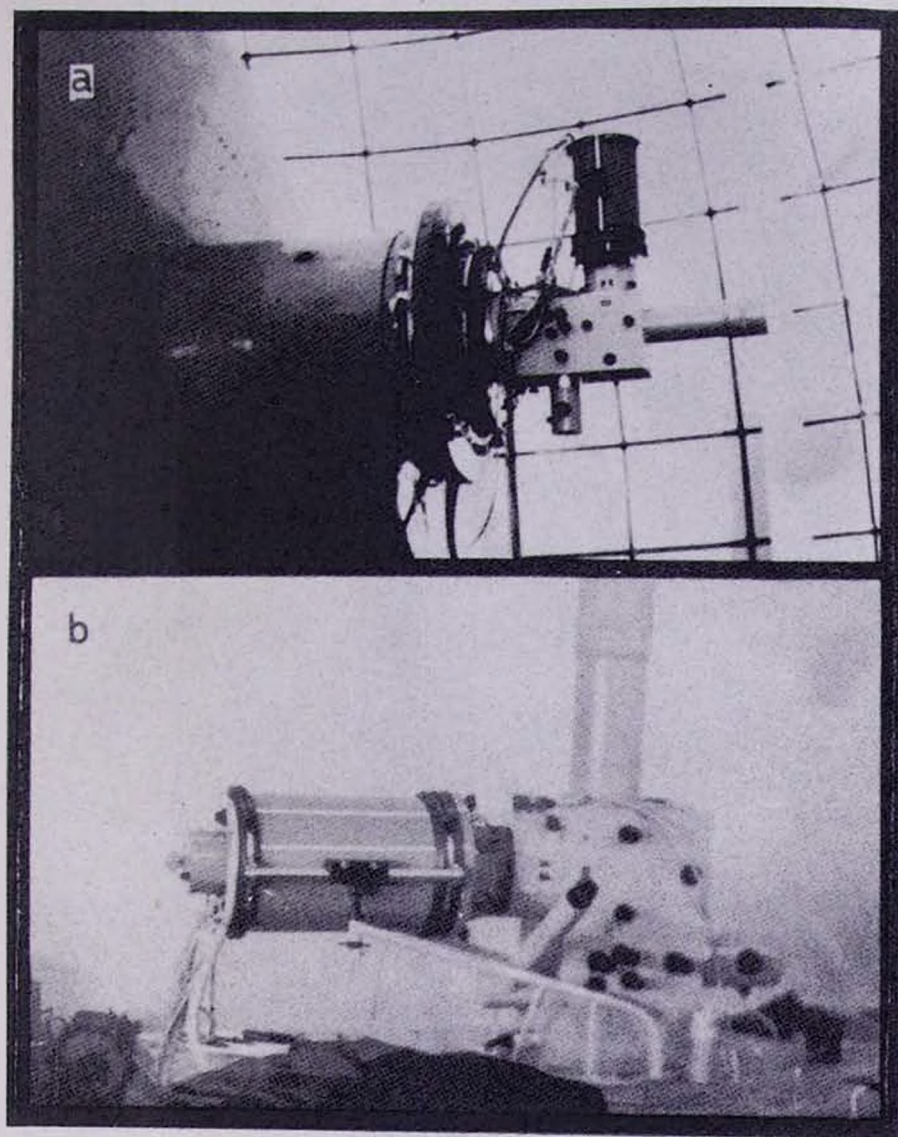


Рис. 2. Общий вид установки с ЭОП УМК-92В со спектрографом UAGS на телескопе ЗТА-2,6(a) и в лаборатории (b)

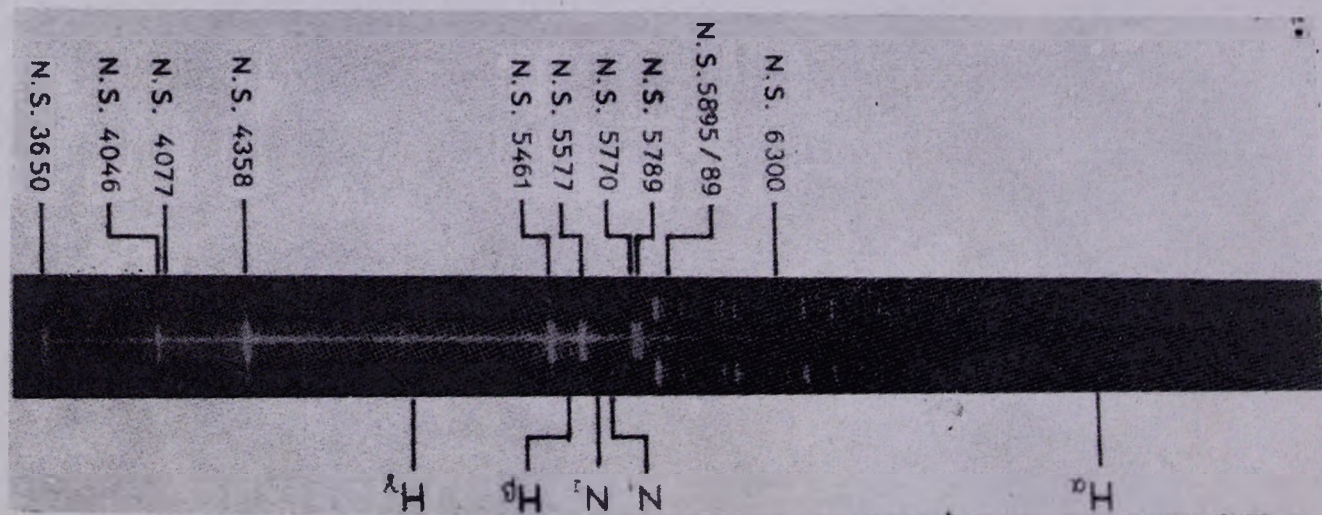


Рис. 3. Репродукция спектра Казарян 102: негатив № 3—92

электронная эмиссия, вызывающая на экране более крупные точечные сцинтилляции, отчасти загрязняющие спектр.

Темновое свечение экрана ЭОП УМК-92В исследовалось при следующих условиях: температура воздуха от +12 до +14°C, температура воды на выходе системы охлаждения от 8,5 до 9°C, напор воды 17—50 гр/с.

При затемненном фотокатоде ЭОП экспонировались фотопленки А-500Н и А-500У в разных режимах работы. Результаты приведены в табл. 2.

При температуре воздуха +15°C спектр собственных шумов на-

Таблица 1
Визуальная разрешающая способность трехкамерного ЭОП УМК-92В по полю 40 мм

Рабочий режим ЭОП \ Расстояние от центра экрана, мм	-20	-15	-10	-5	0	+5	+10	+15	+20
Жесткий: 41 кв	18	22	28	28	28	28	28	22	18
Средний: 36,5 кв	17	22	28	28	28	28	28	22	17
Мягкий: 32 кв	16	21	26	28	26	28	26	21	16

шего экземпляра ЭОП таков: термоэлектронный (одноэлектронный) компонент шума—900 событий/см² мин, многоэлектронный—1 событие/см² мин.

2.4. Послесвечение экрана. Для люминофора К-71 время спада яркости до 5% от начальной составляет 5·10⁻³с, но последующее высвечивание, как известно, может продолжаться довольно длительное время, которое зависит от величины и продолжительности воздействия начального сигнала.

Таблица 2
Темновое свечение экрана ЭОП УМК-92В

Ускоряющее напряжение ЭОП, кв	Время экспонирования	Тип фотопленки	Величина оптического почернения над вуалью в ед. ГОСТ, вызванный одноэлектронной составляющей темнового фона
32	2 ч	А—500Н	0.07
32	1 ч	А—500Н	0.00
41	1 ч	А—500Н	0.09
41	15 мин	А—500Н	0.00
41	22 мин	А—500У	0.04

Послесвечение экрана ЭОП УМК-92В изучалось при фотографировании миры ГОИ и темнового свечения экрана.

При яркости экрана едва видимой глазом, которая за несколько секунд дает оптимальное почернение на пленке, послесвечение экрана регистрировалось также за несколько секунд и даже при перемотке

пленки. При уровне сигнала, дающем оптимальное почернение за 10—15 мин., послесвечение не обнаруживалось при временах экспонирования до двух часов.

Через 2,5 ч. после визуальной настройки ЭОП на разрешение по миру ГОИ, экспонировался темновой фон за три часа. Каких-либо следов почернения от послесвечения не обнаружено.

Исходя из этого, можно рекомендовать производить перенастройку ЭОП или контроль разрешения по миру ГОИ за 2,5 ч. до начала наблюдений.

2.5. Испытания на телескопе. В ходе испытаний установки с ЭОП УМК-92В на телескопе ЗТА-2,6 в сочетании со спектрографом UAGS был получен ряд спектров в разных диапазонах длин волн с разными дисперсиями в мягком режиме (32 кВ) работы ЭОП.

Подробные данные для нескольких спектров представлены в табл. 3. Приведем краткое описание некоторых спектров из этой таблицы.

Казарян 102. Звездообразный объект из списка галактик с УФ избытком М. А. Казаряна [1]. Он был избран как предельно слабый объект для оптического гйда спектрографа в фокусе Нэсмита ЗТА-2,6 с целью определения проникающей способности испытываемой аппаратуры.

Объект является квазаром с $z=0,136$ и имеет звездные величины $V=15^m 78$, $B=16^m 04$, $U-B=-0^m 84$ [2].

Нормальные спектры этого объекта с помощью нашей аппаратуры получались за 6—12 мин с дисперсией 210 А/мм и за 20—50 мин с дисперсией 56 А/мм в спектральной области 3500—7600 А.

Репродукция образца спектра Казарян 102 приведена на рис. 3, а образец регистрограмм, записанных на автоматическом микроденситометре PDS-1010, приведен на рис. 4.

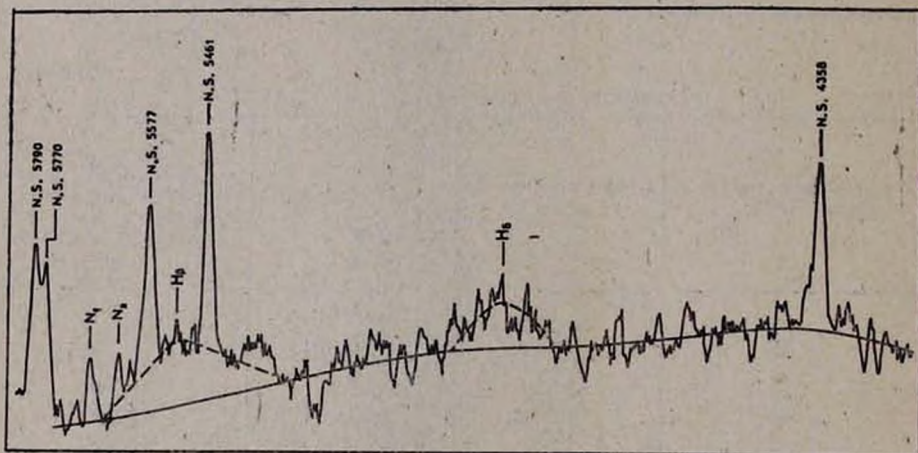


Рис. 4. Регистрограмма спектра Казарян 102: негатив № 3—91

В полученных спектрах наблюдаются широкие водородные эмиссионные линии H , H_2 и H_3 , а также узкие запрещенные линии дважды ионизованного кислорода N_1 и N_2 , которые по ширине почти не отличаются от линий ночного неба. Запрещенные дублеты $[SII]$ λ 6731/17 и $[NII]$ λ 6583/48 в случае их наличия должны блендироваться с H_3 в силу большой ширины последней.

Таблица 3
UAGS

Таблица 1
 Подробные данные для нескольких спектров, полученных на ЗТА-2.6м с ЭОП УМК-92В, в сочетании со спектрографом UAGS

Объект	Звездная величина	Порядковый номер негатива	Дата наблюдения	Эмульсия	Экспозиция, мин	Спектральный диапазон, Å	Дисперсия, Å/мм	Размер изображения, сек. дуги	Размер щели, сек. дуги	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
NGC 6720= =M57	m _{гум.} = 9,3	3—6 3—11 3—14 3—16	4.07.82 . 13.07.82 .	A—500 _p П . . .	3 6 2,5 1,5	5500—7000 . 4000—5450 3000—4500	56 . . .	3 . 3 .	1,5 . . .	
NGC 7469 (Sy 1)	V=13 ^m ,04 B=13 ^m ,42	3—20 3—22 3—32	17.07.82 . 21.07.82	A—500 _p П . .	7 5 15	5500—7000 4000—5450 5500—7000	56 . .	3 . 3	1,5 . .	
Маркарян 335 (Sy 1.) (z=0,025)	V=13 ^m ,85 B=14 ^m ,26 U=13 ^m ,56	3—36 3—37 3—38	24.07.82 . .	A—500 _p П . .	16 21 21	4550—6000 . 5500—7000	56 . .	4,5 . .	2 . .	непр. спектр неодержан
Казарян 102 (Sy 1.) (z=0,136)	V=15 ^m ,78 B=16 ^m ,04 U=15 ^m ,20	3—40 3—77 3—78 3—79 3—91 3—92 3—93 3—96	26.07.82 26.08.82 . . 27.08.82 . . .	A—500 _p П 103a—0	50 50 30 20 20 12 6 20	3500—4950 4250—5800 . . 3500—7600 . . 5650—8400	56 . . . 210 . . .	3,5 3,5 . . 4 . . .	2 . . . 2 . . .	
Маркарян 6 (Sy1) (z=0,192)	V=14 ^m ,19 B=15 ^m ,05	3—98 3—99 3—100 3—109 3—110 3—117 3—113 3—124 3—126	22.09.82 . . 23.09.82 . 21.09.82 . 26.09.82 .	103a—0	5 10 12 6 4 18,5 20 20 23	3600—7200 4300—5800 5900—7350 4300—5800 5900—7230	210 56 . . .	3 . . 3 . 2,5 . 4 .	2 2 . 2 .	спектр на 3мм расширен то же

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3C—98 (Z=0,030)	V=15 ^m ,30	3—101	23.09.32	103a—0	18	3500—7200	210	3,5	2	
		3—102	"	"	12	"	"	"	"	
		3—103	"	"	23	"	"	"	"	
		3—120	26.09.82	"	31	4300—5800	56	4	2	
		3—127	27.09.82	"	18	3500—6100	110	3	"	
		3—128	"	"	20	4250—7190	"	"	"	

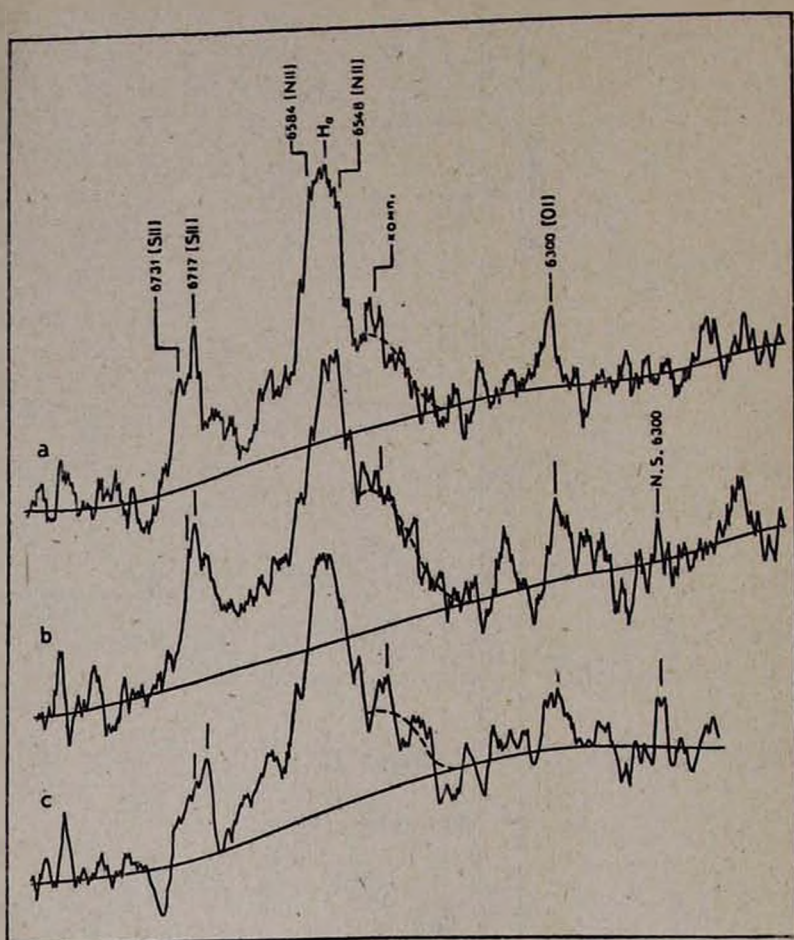


Рис. 6. Регистрограммы спектров Маркарян 6 в области H_α : а—негатив № 3—98; б—негатив № 3—99; с—негатив № 3—109

Ширины линий H_β , N_1 и N_2 на уровне половинной интенсивности равны 15, 11 и 12 Å соответственно. Данные исправлены за ширину инструментального профиля. Последняя на уровне половинной интенсивности, измеренная по линиям ночного неба, составляет ~ 5 Å при дисперсии 56 Å/мм.

В полученных спектрах хорошо заметны широкие крылья водородных линий H_α и H_β . Полная ширина линии H_α у основания равна, примерно, 290 Å. Для линии H_β эта величина составляет 170 Å.

Подробное обсуждение результатов новых спектральных наблюдений переменной сейфертовской галактики второго типа Мрк 6 будет представлено в отдельной статье.

Заклучение. Астрономическая установка с трехкамерным ЭОП новой модификации УМК-92В на испытаниях в лаборатории и на телескопе показала высокие эксплуатационные качества и в настоящем виде может быть использована для астрофизических исследований спектров слабых объектов.

Авторы выражают глубокую благодарность профессору Э. Е. Хачикяну за ценные советы и помощь при выполнении настоящей работы.

Бюраканская астрофизическая обсерватория
ВНИИОФИ, Москва.

30 июля 1985 г.

Ն. Ս. ԱՍԱՏՐԻԱՆ, Ս. Վ. ԼԻՊԱՏՈՎ

«УМК 92В» ՄԱԿՆԻԾԻ ՆՈՐ ՎԵՐԱՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆ ԷԼԵԿՏՐՈՆԱՊՏԻԿԱԿԱՆ
ԶԵՎԱՓՈԽԻԶՈՎ ԱՇԽԱՏՈՂ ԱՍՏՂԱԳԻՏԱԿԱՆ ԸՆԴՈՒՆԻԶ ՍԱՐՔ ԵՎ ՄԻ ՔԱՆԻ
ԴԻՏՈՂԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐ

Աշխատանքում նկարագրված թույլ աստղագիտական օբյեկտների սպեկտրների լուսանկարման համար նախատեսված «УМК—92В» մակնիշի նոր վերափոխության եռախցիկ մետաղախեցեգործական էլեկտրոնաօպտիկական ձևափոխիչով(էՕՁ) աշխատող սարքի համառոտ նկարագրությունը և շահաբանական պարամետրերի լաբորատոր հետազոտությունների ու 2,6 մ դիտակի վրա փորձարկման արդյունքները:

Մեծ լուսածով «UGAS» սպեկտրոգրաֆի հետ նոր էՕՁ-ի աշխատանքը ապահովելու նպատակով, երեք կարճ էլեկտրամագնիսական կոճերից բաղկացած կիզակետացնող համակարգի փոխարեն, օգտագործվել է մագնիսական դաշտի բավարար համասեռությամբ կարճ սողննորդ: Այն թույլ է տալիս պահպանել է էՕՁ-ի դրամական հատկանիշները:

Բերված են նաև փորձարկումների ընթացքում ստացված մի քանի սպեկտրների համառոտ նկարագրությունները:

N. S. ASATRIAN, S. V. LIPATOV

ASTRONOMICAL RECEIVING SYSTEM WITH THE USE OF THE UMK-92 V THRFE-CAMERA IMAGE CONVERTER OF NEW MODIFICATION AND SOME OBSERVATIONAL RESULTS

The description and results of laboratory investigations and tests at the 2.6-meter telescope of the Byurakan Observatory of the detector for spectral observations using the UMK-92 V 3-camera metal-ceramics image converter of a new modification with magnetic focusing and photocontact recording are presented.

A short solenoid with satisfactory homogeneous magnetic field was used which preserved characteristics of the image-tube in observations with the fast spectrograph „UAGS“.

Some spectra, obtained in the course of tests are briefly discussed.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Казарян, *Астрофизика*, 15, 5, 1979.
2. М. А. Казарян, Э. Е. Хачикян, *Астрофизика*, 17, 661, 1981.
3. Э. Е. Хачикян, Д. В. Видман, *АП*, 591, 1970.
4. Э. Е. Хачикян, В. Н. Попов, А. А. Егиазарян, *Астрофизика*, 18, 541, 1981.