

В. П. ЗАЛИНЯН, Г. М. ТОВМАСЯН

## СИСТЕМА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ БЫСТРЫХ ИЗМЕНЕНИЙ БЛЕСКА ЗВЕЗД

**Введение.** Для понимания природы вспышек у вспыхивающих звезд важное значение имеет изучение кривой блеска вспышки, особенно, в обычно более быстротечной части нарастания яркости. Помимо этого, особый интерес представляет обнаружение и изучение коротких вспышек, длительностью около 1 с [1—3] и, возможно, меньше. Для обнаружения и регистрации таких вспышек нужно вести электрофотометрические наблюдения с постоянной времени около 0.1 с, а для детального исследования кривой яркости таких вспышек необходимы и меньшие значения постоянной времени. Не исключено, что могут быть обнаружены и более короткие вспышки. Так что, очевидна необходимость возможности вести наблюдения с постоянными времени порядка 0.1÷0.001 с. Существенным обстоятельством при этом является то, что вспышка является случайным процессом и для ее обнаружения необходимо длительное многочасовое патрулирование исследуемых звезд. Поэтому наблюдения с очень малыми значениями постоянной времени электрофотометра потребуют огромное количество бумаги для самописцев, лент для цифрпечати, перфорации и т. д. При этом решение поставленной задачи может быть ограничено и предельной скоростью записи упомянутых регистрирующих устройств. Это последнее ограничение может быть снято при записи всей информации на магнитную ленту, магнитный диск и т. п. Система записи результатов наблюдений в магнитной памяти с последующим анализом на ЭВМ была предложена в работах [4, 5]. Этот метод, в принципе, позволяет выявлять даже микросекундные составляющие в кривой блеска наблюдаемых звезд, если таковые есть. Однако реализация этого метода требует применения достаточно дорогих машин, имеющих объем магнитной памяти более 10 Мбайт, причем запись нужно вести, как и в других случаях, во все время наблюдения, при котором остаются в силе указанные выше трудности. Существенным неудобством применения больших ЭВМ является также удаленность машинного зала от телескопов (иногда на несколько сот метров) и связанная с этим трудоемкость стыковки на больших расстояниях ЭВМ и электрофотометра.

В настоящей работе предлагается метод для регистрации кривых блеска вспышек с постоянной времени 0.1÷0.001 с с использованием транспортабельной микро-ЭВМ типа «Электроника 60». Суть предлагаемого метода регистрации заключается в том, что действительная регистрация происходит только при изменении блеска наблюдаемой звезды. В процессе наблюдения с выхода электрофотометра, работающего в режиме счета фотонов, фотоотсчеты поступают на ЭВМ, которая в заранее заданном промежутке времени  $\tau$ , в предположении пуассоновского распределения флуктуаций, определяет среднее значение выходного сигнала и среднеквадратичное отклонение от него,  $\sigma = \sqrt{y}$ . Затем каждый последующий отсчет сигнала  $y_i$  сравнивается со значением  $\bar{y} \pm m\sigma$ , определенным в примыкающий интервал времени

п. Если при этом измеряемый сигнал не отличается от среднего значения  $\bar{y}$ , скажем на  $\pm 3\sigma$  или  $5\sigma$  (выбор значения  $\sigma$  зависит от наблюдателя), то в память машины ничего не записывается. Так продолжается до тех пор, пока измеряемый сигнал не будет заметно отличаться от среднего значения. Как только измеряемый сигнал отклонится от среднего значения на заданную величину  $m\sigma$ , то автоматически включается регистрация измеряемых отсчетов. Регистрация автоматически прекращается, когда выходной сигнал принимает значение, отличающееся от исходного среднего значения не более чем на заданную величину  $m\sigma$ . Очевидно, что система позволяет регистрировать как быстрые увеличения блеска, так и его уменьшения. Запись может вынужденно прекратиться в том случае, если вспышка длительная и количество поступившей от нее информации уже заполнит весь объем оперативной памяти машины. Но поскольку параллельно с записью на ЭВМ в данном методе ведется запись и обычными методами с обычными постоянными времени, то такая медленная вспышка будет записана обычным образом. Кроме того, поскольку в память машины записываются все предшествующие началу регистрации вспышки отсчеты, по которым определяется среднеквадратичное отклонение, то имеется возможность при медленной вспышке восстановить кривую медленного нарастания блеска, имевшего место до включения системы регистрации.

После заполнения памяти машины поступившая информация выводится на печать. Недостатком предлагаемого метода является то, что на время вывода информации из памяти прием новой информации прекращается. В случае, если скорость печатающего устройства достаточна для регистрации информации в реальном времени, то не будет необходимости записи отсчетов в память машины.

ЭВМ для записи и анализа наблюдений была использована в работе [6]. В этой системе отсчеты фотометра поступают в память машины (довольно большой, аналогичной СМ—4), причем ограниченное количество отсчетов (500) выводится одновременно на дисплей. Здесь сам наблюдатель в процессе наблюдения следит на дисплее за поведением звезды и решает, какую часть записи вывести на регистрацию.

**Блок-схема установки.** Структурная схема установки приведена на рис. 1. Излучение наблюдаемой звезды регистрируется электрофотометром, светочувствительным элементом которого является фотумножитель типа ЕМ1 9789 QВ, имеющий низкий уровень собственных шумов. В качестве фильтра использованы цветные стекла УФС6 и СЗС21, которые вместе с использованным фотумножителем определяют полосу пропускания «U», представленную на рис. 2, близкую к системе U.

Импульс фототока на аноде фотумножителя (ФЭУ), составляющий в среднем 50 мВ на нагрузке 100 Ом, усиливается предусилителем (ПУ) (см. рис. 1). Дискриминатор—формирователь (ДФ) имеет возможность установки порога дискриминации, причем, порог выбирается так, чтобы получить наибольшее отношение сигнал/шум [7]. Блок (БФ) формирует импульсы, поступающие с ДФ в импульсы уровня 2.5 В и длительностью 0.1 мкс, идущие на вход счетчика СД, собранного на микросхемах 155 серии. Счетчик (СД) представляет собой 16-разрядный двоичный счетчик, работающий на интерфейсную плату обмена данных И2 ЭВМ «Электроника 60». Временной интервал, за который происходит считывание одного отсчета, а также импульсы управления и опроса задаются кварцевым генератором.

Параллельно с работой счетчика запись ведется с помощью часто-

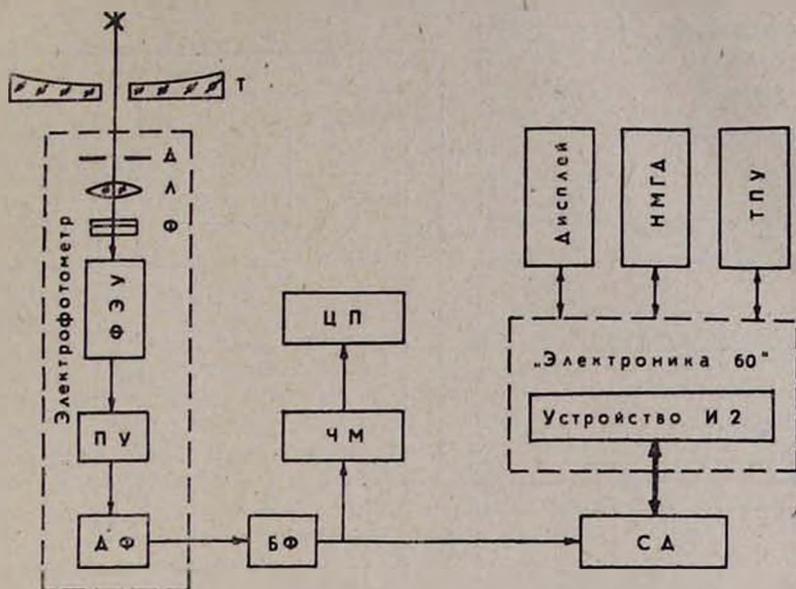


Рис. 1. Блок-схема системы: Т—телескоп, Д—диафрагма поля, Л—линза Фабри, Ф—фильтры, ФЭУ—фотоэлектронный умножитель, ПУ—предусилитель, ДФ—дискриминатор-формирователь, БФ—блок формирования, ЧМ—частотомер, ЦП—цифропечатающее устройство, СД—счетчик двойной, НМГА—накопитель на гибком магнитном диске, ТПУ—термопечатающее устройство

томера (ЧМ) и цифропечатающего устройства (ЦП). Постоянная времени интегрирования частотомера может быть выбрана в пределах  $5 \div 1000$  с.

**Блок-схема программы.** Блок-схема программы для регистрации быстрых изменений яркости звезд приведена на рис. 3. Программа работает следующим образом. При пуске программы, исходное количество отсчетов записывается в кольцевой буфер на  $p$  слов. Затем содержимое кольцевого буфера обрабатывается и определяется  $u \pm m\sigma$ . Последующее  $(p+1)$ -ое измерение сравнивается с предварительно полученным значением  $u \pm m\sigma$ . Если измерение удовлетворяет условию перехода «нет», то оно записывается в ячейку кольцевого буфера с начальным адресом, предварительно стирая содержимое этой ячейки. После записи в буфер, вновь определяется  $u \pm m\sigma$  и сбрасывается признак занятости кольцевого буфера. При повторном условном переходе «нет» измерение заносится в соседнюю ячейку кольцевого буфера с большим адресом и цикл определения  $u \pm m\sigma$  возобновляется.

Организация кольцевого буфера дает возможность иметь до появления вспышки (условный переход «да»)  $p$  последовательных значений измерений, непосредственно примыкающих к началу регистрации. При выполнении условия «да» содержимое кольцевого бу-

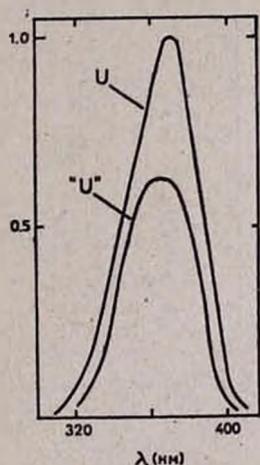


Рис. 2. Кривая пропускания использованного в наблюдениях фильтра «U» и кривая пропускания в системе U

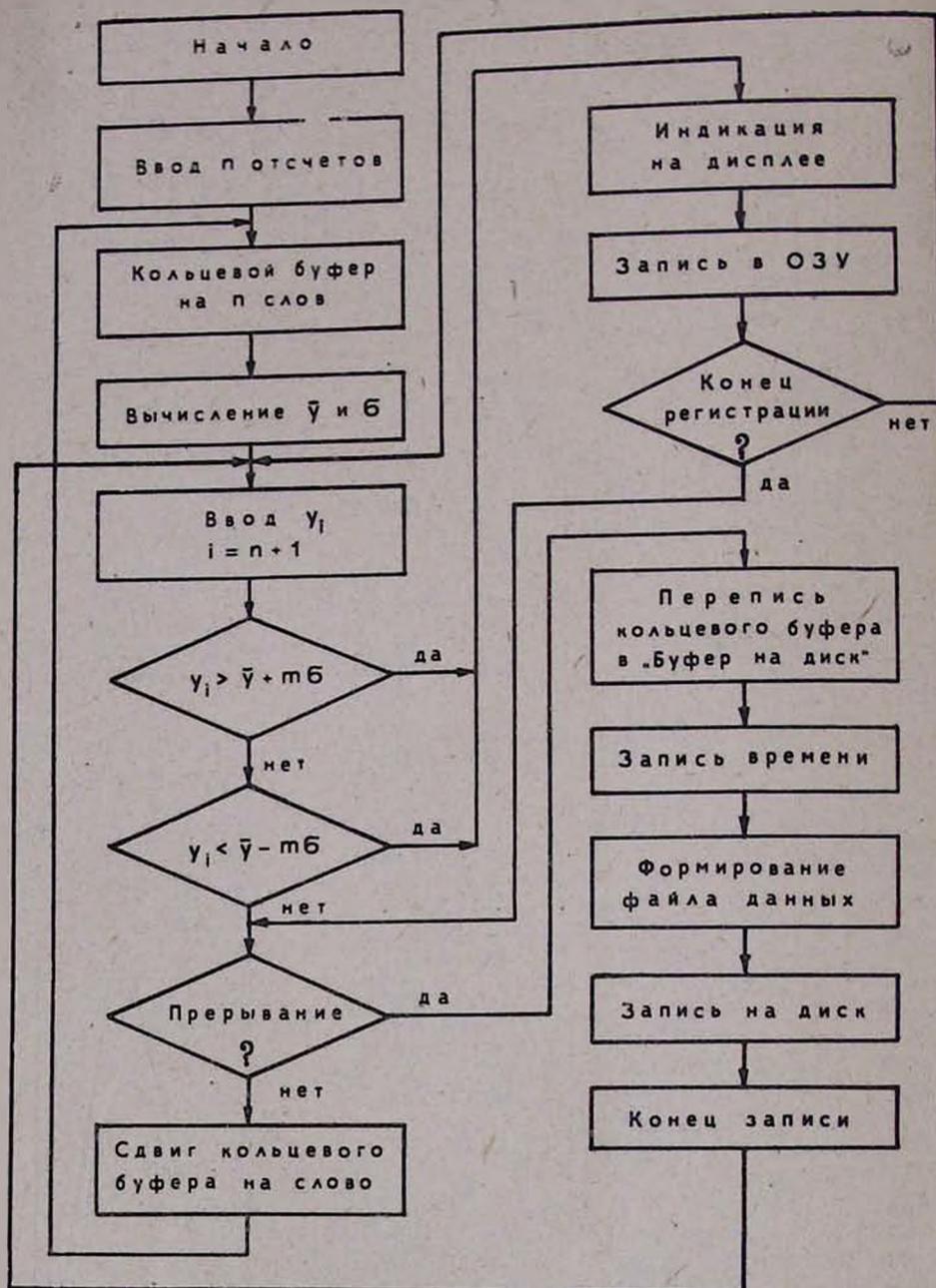


Рис. 3. Блок-схема программы обработки наблюдений

фера переписывается в «Буфер выдачи на диск», сохраняя при этом содержимое кольцевого буфера. Само измерение, вызвавшее условие «да», записывается в рабочее поле оперативно запоминающего устройства (ОЗУ). Рабочее поле представляет собой ячейки ОЗУ, выделенные для записи регистрируемых отсчетов, и занимает 15 килослов памяти. Это означает, что можно записать вспышку длительностью порядка  $15 \cdot 10^3$  с.

Цикл обработки нового измерения и запись в кольцевой буфер возобновится сразу же после записи на диск. Время цикла составляет 400 мкс. Это позволяет вести наблюдения с минимальной постоянной времени порядка 0.001 с.

Результаты лабораторных и натуральных испытаний системы. До использования в реальных наблюдениях система прошла лабораторные испытания для выяснения возможности регистрации искусственно создаваемых «вспышек», а также самопроизвольной регистрации информации, носящей характер помех. Вся система оставалась включенной с затемненным фотокатодом на время до 6 ч, а иногда и более. За время таких испытаний, с общей длительностью 20 ч, ни разу не включалась регистрация от каких-либо внутренних ложных сигналов. Затем, с целью исследования отклика системы на короткие сигналы перед фотокатодом фотоэлектронного умножителя с помощью светодиода, включенного в интегрирующую RC цепочку, создавались вспышки с различными длительностями переднего фронта от 0.3 до 1.0 с. В каждом таком случае немедленно включалась регистрация и записывалось нарастание сигнала. Пример такой записи приведен на рис. 4. В этом случае длительность фронта нарастания равна 0.5 с. На рис. 4 сплошной линией показана кривая, снятая с помощью калиброванного фотодиода и запоминающего осциллографа.

Точками через каждые 0.1 с приведены результаты записи этой «вспышки» описываемой системой. Как видно из рисунка, наблюдается довольно хорошее соответствие кривой «вспышки» и ее отклика в системе.

После лабораторных испытаний описываемый электрофотометр с автоматической системой регистрации прошел натурные испытания на 40 см телескопе системы Кассегрена Бюраканской астрофизической обсерватории. Были произведены наблюдения стандартных звезд скопления NGC 7160 с постоянным блеском в пределах от  $7^m$  до  $11^m$ , 1 видимой величины в цвете U с постоянной времени  $\tau = 1$  с. В программу испытательных наблюдений были включены также следующие вспыхивающие звезды: ADLeo, Wolf 630, V1258 Aql, BYDra и EVLac.

За время наблюдений стандартных звезд в течение 50 ч не была зарегистрирована ни одна короткая вспышка. Вспышки не были зарегистрированы и при наблюдении вспыхивающих звезд ADLeo, Wolf 630, V1258 Aql и BYDra в течение 55 часов суммарных наблюдений. При этом вспышки не были зарегистрированы на обычной записи.

В лабораторных исследованиях и описанных наблюдениях на телескопе среднее значение сигнала определялось по 100 отсчетам двоич-

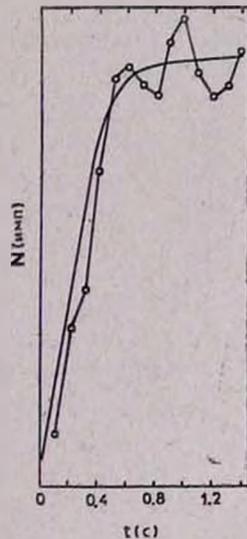


Рис. 4. Отклик системы (о) на искусственную вспышку (—) с фронтом нарастания 0.5 с

ного счетчика (СД). Значение  $m$  было принято равным 3. Определены яркости фона неба, с целью получения значения яркости самой звезды, определяемой и на параллельно проводимой обычной записи с постоянной времени 20 с, проводилось несколько раз в течение ночи, а также сразу же после прекращения регистрации вспышки, если такая вспышка имела место.

В случае же наблюдений звезды EV Lac за 22 ч наблюдений были зарегистрированы три вспышки. Две из них произошли в ночь на 19 июля с интервалом всего в 40 мин (рис. 5). Оба раза звезда вспыхнула на  $\sim 1.3$  звездные величины в цвете U. Длительность каждой вспышки около трех секунд. Такие же короткие вспышки с аналогичными кривыми яркости были зарегистрированы ранее и другими наблюдателями [1, 2]. Примечательно, что короткая вспышка в далеком ультрафиолете с длительностью около 2 с была недавно обнаружена с помощью орбитального телескопа «Астрон» [8].

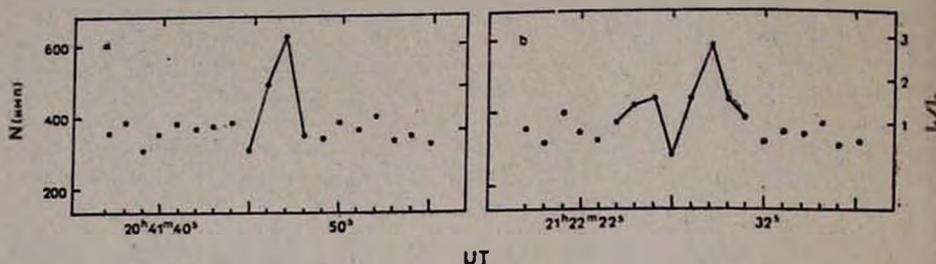


Рис. 5. Вспышки звезды EV Lac, зарегистрированные 18.07.85 с постоянной времени 1 с.

Третья вспышка (рис. 6) с амплитудой в  $2^m 2$  имела место в ночь на 9 августа. Эта вспышка была зарегистрирована при постоянной времени системы в 0.1 с. Поскольку при такой постоянной времени уровень шумов был выше, значение  $m$  было принято равным 4. Нараста-

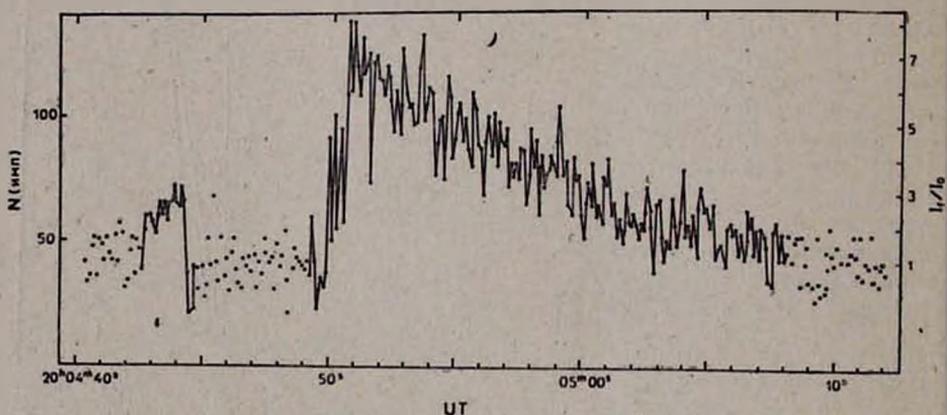


Рис. 6. Вспышка звезды EV Lac, зарегистрированная 8.08.85 с постоянной времени 0,1 с.

ние яркости этой типичной вспышки длилось около 1 с. Спад яркости продолжался около 17 с.

На вспышке, представленной на рис. 5, b, до основной вспышки замечается небольшое нарастание яркости в течение 2 с, а затем резкий спад. Однако, поскольку все это, в основном, находится в пределах  $3\sigma$  от среднего уровня сигнала, то в данном случае нельзя говорить уверенно об обнаружении отрицательной предвспышки.

Такое же небольшое нарастание яркости с амплитудой около  $1^m$  2 имело место и перед вспышкой, представленной на рис. 6. Здесь превышение над средним уровнем больше  $3\sigma$ , и поэтому эта небольшая предвспышка кажется более вероятной. Кстати, поведение выходного сигнала до вспышки, т. е. до начала регистрации, в данном случае было воспроизведено по записанным в памяти машины 100 отсчетам, по которым определялось значение среднего уровня.

**Закключение.** Таким образом, предложенная система электрофотометра в сочетании с микро-ЭВМ позволяет регистрировать сверхкороткие вспышки звезд и исследовать кривые нарастания яркости с постоянной времени до 0.001 с, без употребления огромных количеств регистрирующей бумаги, магнитных лент и т. п., а также без потери времени на их анализ. Эта же система с успехом может быть использована и для наблюдений вспышек с обычными, секундными постоянными времени.

Тот факт, что при наблюдениях стандартных звезд, ни разу не произошло включение регистрации указывает на то, что вышеописанная система способна регистрировать вспышки с большой достоверностью.

7 августа 1985 г.

Վ. Պ. ԶԱԼԻՅԱՆ, Հ. Մ. ԹՈՎՐԱՍՅԱՆ

#### ԱՍՏՂԵՐԻ ՊԱՅԾԱՌՈՒԹՅԱՆ ԱՐԱԳ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱՐՁԱՆԱԳՐՄԱՆ ՍԱՐՔ

Առաջարկված է էլեկտրոնային հաշվիչ մեքենայի հետ համատեղ աշխատող էլեկտրալուսաչափական նոր համակարգ: Այն հնարավորություն է տալիս գրանցել աստղի պայծառության արագ փոփոխությունները (ժամանակի հաստատունը  $1-0.001$  վրկ): Սարքը թույլ է տալիս խուսափել մեծ քանակությամբ գրանցման թուղթ, մագնիսական ժապավեն կամ այլ գրանցող միջոցների օգտագործելուց: Առաջարկված եղանակի էությունը հետևյալն է՝ ֆոտոնների համրման սկզբունքով աշխատող էլեկտրալուսաչափի ելքը տրվում է էլեկտրոնային հաշվիչ մեքենային (սէլեկտրոնիկա 60» տեսակի), որը որոշում է դիտվող աստղի ազդանշանի միջին արժեքը նախապես տրված ազդանշանների քանակի (100 կամ ավելի) միջոցով: Եթե յուրաքանչյուր հաջորդ ազդանշանը չի գերազանցում այդ միջին արժեքը՝  $m\sigma$  չափով ( $m$ -ի արժեքը ընտրում է դիտողը՝ սովորաբար 3 կամ ավելի), ապա ոչինչ չի գրանցվում: Հենց որ ազդանշանը գերազանցից նախորդ հատվածում որոշված միջին արժեքը (օրինակ  $3\sigma$ -ի չափով), բոլոր հաջորդ ազդանշանները տրվում են հաշվիչ մեքենայի հիշողությանը ու գրանցվում:

Առաջարկված եղանակով աշխատող էլեկտրալուսաչափի համակարգը ստուգվել է նախ աշխատանքային պայմաններում ու ասլա Բյուրականի աստղադիտարանի 40 սմ աստղադիտակով կատարված աստղային դիտումներով: Ստանդարտ աստղերի 50 ժամվա դիտումների ընթացքում ոչ մի բռնկում չի արձանագրվել: Բռնկում չի արձանագրվել նաև 55 ժամ տևողությամբ AD Leo, Wolf 630, BY Dra & V 1258 Agl բռնկվող աստղերի դիտումների ժամանակ: Երեք բռնկում արձանագրվել է EV Lac աստղի 22 ժամվա դիտման

դեպքում (նկ. 5, 6): Մոտ  $1^m.3$  աստղային մեծությանը առաջին երկու բռնկման տեղումը շուրջ 3 վրկ է, երրորդ՝  $2^m.2$  աստղային մեծությանը բռնկման ժամանակ պայծառության աճը կատարվել է շուրջ 1 վրկ ընթացքում, իսկ նվազումը՝ շուրջ 17 վրկ ընթացքում:

V. P. ZALINIAN, H. M. TOVMASSIAN

## THE SYSTEM FOR REGISTRATION OF STAR BRIGHTNESSES FAST VARIATIONS

A new system of electrophotometer in conjunction with a computer is proposed which permits to register fast variations of the brightnesses of the observed stars in the case of small integration time (1—0.001 sec) without using large amount of recording paper, magnetic tape etc., which is usual for such observations. The principle of the proposed method is the following. The output of the photon counting electrophotometer is given to a computer (of the „Electronica 60“ type), which at a given time interval (say, 100 or more counts) determines the mean value of the signal of the observed star. If each following count doesn't differ from this mean value by more than  $m\sigma$  (the value of  $m$  may be 3, as usual, or more, it depends on the observer), nothing is being registered. But when the signal exceeds say by  $3\sigma$  the mean value determined at the preceding time interval, all following counts are given to the computer memory and then are registered.

The electrophotometer operating in a proposed mode has been tested in the laboratory and then in the observations of stars, with 40 cm telescope of the Byurakan observatory. During 50 hours of observations of standard stars no any flare has been recorded. No flare has been recorded also during 55 yours observations of flare stars AD Leo, Wolf 630, BY Dra and V 1258 Aql. Three flares were recorded during 22 hours of observations of EV Lac. The duration of the first two flares with magnitudes of about  $1^m.3$  were about 3 sec. The increase of the brightness of the third, more powerful flare of  $2^m.2$ , lasted about 1 sec and the decline of the brightness lasted 17 sec.

## ЛИТЕРАТУРА

1. K. Kodaira, K. Ichimura, S. Nishimura, Publ. Astron. Soc. Japan, 28, 665, 1976.
2. Д. Э. Эванс, «Вспыхивающие звезды», Труды симпозиума, ред. Л. В. Мирзоян. АН АрмССР, с. 35, 1977.
3. B. Y. Thomas, J. Moffett, Ap. J. Suppl. Ser., 29, No. 273, 1974.
4. В. Ф. Шаарцман, Сообщ. САО, 19, 5, 1976.
5. G. Matsumoto, H. Shimizu, I. Shimada, Rev. Sci. Instrument, 47, 861, 1976.
6. R. E. Nather, B. Warner, M. N. R. A. S., 152, 209, 1971.
7. В. П. Залинян, Ю. К. Мелик-Алавердян, Сообщ. Бюраканской обс., 52, 118, 1980.
8. Р. Е. Гершберг, П. П. Петров, «Вспыхивающие звезды и родственные объекты», Труды симпозиума, ред. Л. В. Мирзоян, Ереван. Изд-во АН АрмССР, с. 38, 1986.