

# АСТРОНОМИЯ

АВТОМАТИЧЕСКАЯ

РЕГИСТРАЦИЯ

МОМЕНТОВ ПРОХОЖДЕНИЯ

ЗВЁЗД

Министерство высшего и среднего специального образования  
Латвийской ССР  
Латвийский ордена Трудового Красного Знамени  
государственный университет имени Петра Стучки  
Астрономическая обсерватория

А С Т Р О Н О М И Я

АВТОМАТИЧЕСКАЯ РЕГИСТРАЦИЯ МОМЕНТОВ  
ПРОХОЖДЕНИЯ ЗВЕЗД

Межведомственный сборник научных трудов



Латвийский государственный университет им. П. Стучки  
Рига 1980

В сборнике научных статей обобщена теория определения моментов прохождения звезд с учетом выбросов на случай больших шумов. Установлено, что уравнение яркости в наблюдениях АО в 1974-1978 годов возникает из-за свойств усилителя. Разработана теория построения фотоэлектрической установки, работающей на нескольких уровнях с учетом случайных выбросов. Показана методика анализа функционирования пассажных инструментов в автоматическом режиме отслеживания. Рассмотрены возможности применения вычислительного устройства И5ВСМ-5 для автоматизированной регистрации звездных прохождений, приведены блок-схемы и принципы их работы. Показаны возможности использования устройства для вычисления видимых мест звезд для автоматического управления зенитным телескопом.

Настоящий сборник является 14-м тематическим выпуском трудов по астрономии.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ: М. Дирикис (отв. ред.), Э. Каушис,  
Д. Лауцениекс

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
ЛГУ им. П. Стучки от 28 декабря 1979 года

А 20602-005у. П13.80.1705020000  
М 812(II)-80

© Латвийский  
государственный  
университет  
им. П. Стучки, 1980

ЛАТВИЙСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. П. СТУЧКИ  
АВТОМАТИЧЕСКАЯ РЕГИСТРАЦИЯ МОМЕНТОВ  
ПРОХОЖДЕНИЯ ЗВЕЗД. АСТРОНОМИЯ, 1980

УДК 522.98

К. А. Ш т е й н с  
АО ЛГУ им. П. Стучки

ОБОБЩЕННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОМЕНТОВ ПРОХОЖДЕНИЯ  
ЗВЕЗД С УЧЕТОМ ВЫБРОСОВ

В в е д е н и е

В 1978 году в Астрономической обсерватории Латвийского госуниверситета был построен опытный образец для определения средних моментов с учетом выбросов для прохождения звезд через щель с выводом данных на перфоленту. Теория, разработанная М. П. Огриньшем [1] и нами [2] рассматривала определение среднего момента при прохождении щелей, число которых кратно 4. В связи с построением устройства более общего характера целесообразно более детально развить теорию для момента прохождения звездой границы щель-отражающая полоса. Упомянутое устройство может работать в случае малого значения отношения сигнала к шуму, поэтому в настоящей статье разработана теория также для относительно больших шумов. Предложен ряд оригинальных приемов для исследования устройства регистрации моментов прохождения звезд с учетом выбросов.

§ I. Т е о р и я п а р и н у л е й в с л у ч а е  
н е б о л ь ш и х ш у м о в

Метод регистрации моментов прохождения звезд с учетом выбросов по существу дает хорошие результаты, как в случае симметрии периодического сигнала, искаженного однородными флуктуациями, так и в случае систематически искаженного периодического сигнала, если искажения симметричны относительно перекладки инструмента. Регистрация

моментов прохождения звезд с учетом случайных выбросов требует построения меток, т.е. прямоугольных сигналов с периодом примерно равным периоду сигнала от звезды. Метки играют двойную роль. Во первых, зная момент появления метки  $t_0$  - фронт прямоугольного сигнала и промежуток времени /продолжительность выброса/  $\Delta$ , который прошел от момента  $t_c$  пересечения сигналом уровня регистрации (нулевой точки), можно найти момент пересечения сигналом уровня регистрации вычитая из момента появления метки  $t_0$  длительность выброса  $\Delta$  до метки (рис. I)

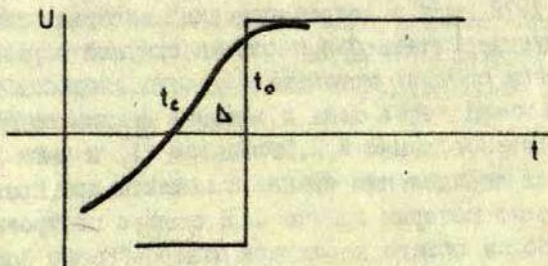


Рис. I

$$t_c = t_0 - \Delta.$$

Из сказанного следует, что, если нет помех, то метод регистрации прохождения звезд методом учета случайных выбросов дает тот же самый результат, что классический метод, где средний момент определяется по моментам пересечения сигналом уровня регистрации. Подбирая достаточно большое значение постоянной времени, можно добиться, что "сигнал + шум" представляет кусочно монотонную функцию времени, т.е. многократных точек пересечения нет. Однако, при больших постоянных времени теория запаздывания, т.е. теория изменения фазы, не дает удовлетворительных результатов. Поэтому целесообразно применять малые постоянные

времени /порядка 0,01 с./, при которых число пересечений достигает многих сотен.

Вторая функция меток состоит в выделении в сигнале интервалов с точками пересечения сигналом уровня регистрации (нулевые точки) и интервалов без них. Более сложный случай, когда невозможно выделить интервалы без нулевых точек, рассмотрим позже.

Представим себе, что изображение звезды при прохождении через визирную решетку дает сигнал, симметричный относительно уровня регистрации /например, синусоиду/. Точки пересечения представляют моменты времени, которые следует установить. Если на этот сигнал наложен стационарный однородный шум, то в среднем относительно точек пересечения уровня регистрации с идеальным сигналом мы опять получаем кривую, симметричную относительно упомянутых точек, которую можно разделить на промежутки, у которых окрестности начальных и конечных точек не дают точек пересечения с уровнем регистрации вследствие помех. Для этих кривых в среднем суммы длительностей положительных и отрицательных выбросов ( $\Delta_i$ ) равны друг другу в случае, если метки будут проходить через максимумы и минимумы периодической кривой сигнала. Представим сказанное при помощи рисунков 2 и 3. В этом случае момент пересечения идеального сигнала с уровнем регистрации  $t_0$  определяется по формуле

$$t_0 = t_i + \sum \Delta_i \quad (1)$$

В  $\sum \Delta_i$  входят как интервал искаженный помехами, так и длительный выброс, когда сигнал достиг таких значений, при которых помехи уже не могут достичь и пересечь уровня регистрации (нет нулевых точек).

Очевидно

$$\lim \frac{\sum \Delta_i}{\sum \bar{\Delta}_i} = 1.$$

Мы пришли к формуле (1) при весьма жестких условиях, однако она достаточно точна и во многих других случаях.

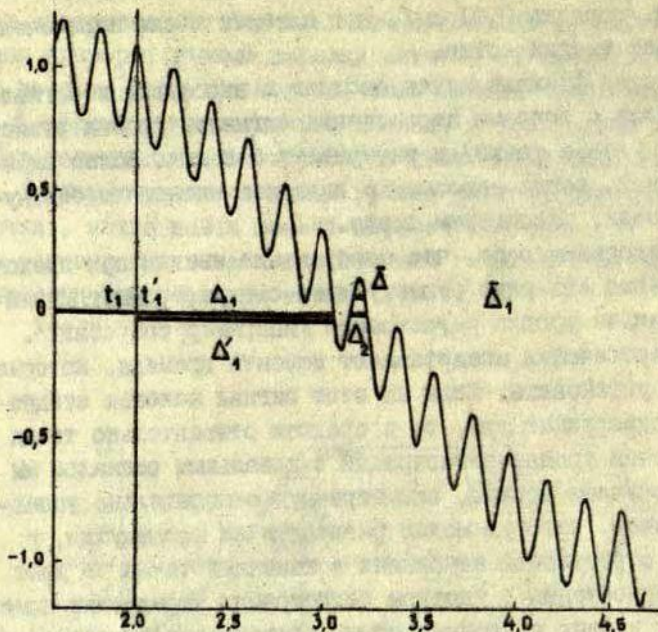


Рис. 2

Приведем два примера. 1. Очевидно, что метки из положения  $t_1, t_2$  можно перенести в любые точки при условии, что  $t'_1$  лежит в интервале положительного, а  $t'_2$  в интервале отрицательного выбросов. 2. Если мы ведем наблюдения не в нормальном режиме, а вне его, однако не слишком далеко от нормального, то невозмущенный сигнал в окрестностях точки пересечения его с уровнем регистрации можно считать прямолинейным. В случае прямолинейного сигнала - "сигнал + однородный стационарный шум" мы получаем искаженный сигнал, симметричный относительно точки пересечения идеального сигнала с уровнем регистрации, и, следовательно, формула (I) справедлива. Независимо от положения метки  $t_1$  (она может находиться всюду слева на рис. 3 от первого отрицательного выброса), формула (I) справед-

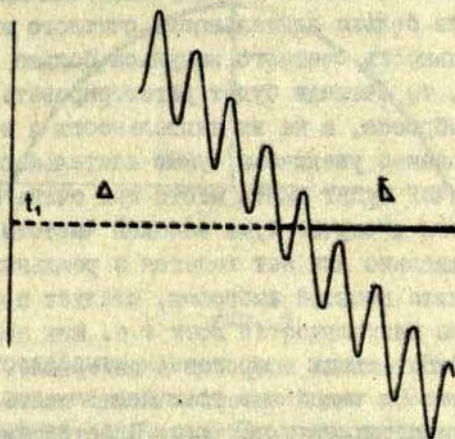


Рис. 3

лива. В случае отступления от нормального режима существенную роль играет симметрия кривой относительно экстремумов. Это будет показано несколько позже.

## § 2. Ошибки регистрации

Рассмотрим теперь, каким образом можно проверить, отвечают ли наблюдательные данные требованиям для применения формулы (I)

### I. Ошибка регистрации длительностей выбросов.

Во-первых, рассмотрим, какие ошибки могут возникнуть при измерении длительностей выбросов. При подсчете длительностей положительных выбросов в момент пересечения искаженным флуктуациями сигналом уровня регистрации открываются ворота от генератора периодических счетных импульсов к счетчику импульсов и счетчик фиксирует число импульсов, проходящих через ворота во время выброса. При следующем выбросе опять открываются ворота и счет продолжается. Длительность каждого выброса фиксируется на счет-

чике с точностью  $\pm$  один импульс и воспринимается как интервал времени в соответствующих единицах. Однако, это будет иметь место только в том случае, если длительность выброса сигнала больше длительности счетного импульса. Если же длительность счетного импульса больше длительности выброса, то счетчик будет регистрировать количество коротких выбросов, а не их длительности и в счетчике будет необоснованно увеличена сумма длительностей выбросов. Такой случай будет иметь место при очень малой постоянной времени в случае шума высокой частоты. Чтобы проверить, правильно или нет ведется в реальных условиях определение длительностей выбросов, следует провести определение суммы длительностей всех т.е. как положительных, так и отрицательных выбросов в интервале, длина которого известна. За такой интервал можно взять интервал времени между последующими метками. В Астрономической обсерватории Латвийского государственного университета была установлена при подсчете на двух различных счетчиках /одного для подсчета длительности положительных, другого для подсчета длительности отрицательных выбросов/ сумма длительностей выбросов на интервале известной длины. Было установлено, что подсчет ведется с очень большой точностью/ при частоте 1000 гц ошибка подсчета длительности в 200 с. не больше  $\pm 0,01$  с/. Постоянная времени 0,03 с. и не было предпринято никаких мер для устранения шумов высокой частоты. Правильность подсчета длительностей выбросов должна быть проверена т.к. ошибки в подсчете длительностей входят в полной мере в средний момент прохождения звезд. Более просто провести упомянутую проверку при помощи реверсивных счетчиков.

## 2. Искажение симметричности относительно экстремумов

При помощи визирной решетки, которая изготовлена автоматически с одинаковыми щелями и отражательными полосами, получается симметричный относительно ординат экстремумов (рис.4) поток света, попадающий на ФЭУ.

Имеются некоторые трудности при изготовлении полос и щелей одинаковой ширины, т.к. амальгама полосы в про-

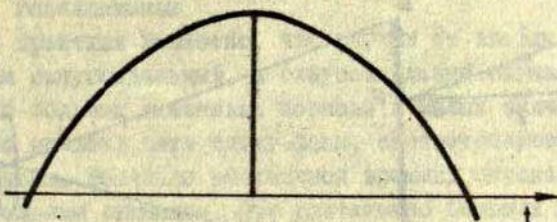


Рис. 4

цессе изготовления меняет свою ширину. Разница в ширинах полосы и щели не нарушает симметрию и может быть учтена при дальнейших подсчетах. Практически невозможно установить усилитель в нормальный режим. Степень отступления от нормального режима также точно неизвестна. Поэтому при фотоэлектрических наблюдениях традиционно вводится понятие "пара щели и слоя", т.е. рассматривается момент, определенный из двух последующих пересечений уровня регистрации /пара нулей/. Если сигнал симметричен относительно ординат экстремумов, то момент "пара нулей" точно совпадает с моментом экстремума, и отступление от нормального режима не существенно. Влияние помех также по обе стороны ординат экстремума взаимно исключаются. Однако получить симметричный сигнал относительно ординат экстремумов не легко. Помещать катод ФЭУ в фокальной плоскости объектива астрономического инструмента не целесообразно, т.к. изображение звезды будет перемещаться по катоду и, вследствие неравномерной чувствительности разных точек катода, будет искажать симметрию сигнала. Для получения симметричного сигнала необходимо применять линзу Фабри и малые постоянные времени при усилении. Теория линзы Фабри приближенная, т.к. основывается на теории тонких линз Гаусса. От звезды приходит плоская волна, т.е. параллельные лучи света (рис.5). АВ - объектив, 1,2 - лучи от звезды в двух положениях звезды на небе. Если объектив рассматривать

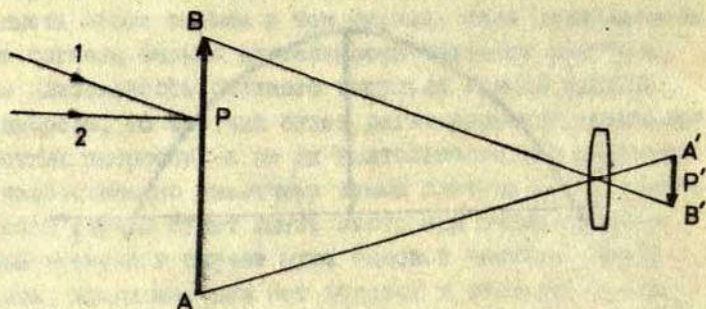


Рис. 5

как предмет, то изображение точки  $P$  будет точка  $P'$ , т.е. оба луча пройдут через точку  $P'$ . Таким образом, в любом положении звезды ее лучи пройдут через  $A'B'$ , где и ставится катод ФЭУ и считается, что на  $A'B'$  будет падать свет от звезды при любом положении звезды на небе.

Приведенные рассуждения приближенные. Например, теория Гаусса не дает дифракционную картину изображения звезд, которую при хороших условиях наблюдений можно видеть в небольших объективах инструментов типа АПМ-Ю. Так как в дифракционных изображениях любая точка изображения определяется всем объективом и это учитывается в практических подсчетах линз, то линзы Фабри себя оправдывают, однако целесообразно пользоваться ФЭУ, у которых чувствительность катодов по возможности равномерна. Практически катод устанавливается по очертанию изображения бумаги, помещенной на объективе.

На визирную решетку может попасть случайным образом грязь. Однако, такого типа искажения исключаются перекладкой инструмента в лагерах, т.к. после перекладки звезда движется по тому же месту визирной решетки, только в обратном направлении. При постоянной времени усилителя в 0,1 с и больше, получаются значительные искажения сигнала не только по фазе, но и по форме сигнала. При постоянной времени 0,035 с точностью  $\pm 0,001$  можно считать,

что "пара моментов" отвечает моменту экстремумов.

### 3. Запаздывание

Из практики известно, что сигнал от звезды примерно похож на синусоидальный, а синусоидальный сигнал при достаточно больших значениях периода и малых значениях постоянной времени дает сдвиг фазы, соответствующий постоянной времени. Значение постоянной времени определяют по прямоугольным сигналам. При достаточно больших значениях периода запаздывание получим, если  $0,693$  умножим на постоянную времени  $\theta$ . Может показаться странным, почему яркие звезды, у которых сигнал растет очень быстро, имеют такое же запаздывание и оно на много отличается от запаздывания прямоугольных сигналов.

С другой стороны, изображения звезд от одного вечера к другому сильно меняются, и может казаться сомнительно, что во всех случаях запаздывание сигнала от звезд равно постоянной времени. Чтобы разобраться в чем дело, припомним следующее. Прямоугольный сигнал возник бы, если изображение было бы точкой. Изображение звезды является кругом, притом круг фокусируют так, чтобы его диаметр был несколько меньше ширины щели. Если бы изображение звезды было равномерно освещенным квадратом, то получился бы пикообразный сигнал, для которого при  $x = \frac{4\theta}{T}$ , где  $T$  период сигнала,  $\theta$  - постоянная времени [3]

$$\tau - \theta = -2\theta e^{-(x^{-1}+1)}$$

При достаточно малых значениях  $x$ , запаздывание  $\tau$  практически равно постоянной времени. Для равномерно освещенного круга запаздывание не достигает значения  $\theta$ , но при достаточно больших значениях радиуса запаздывание мало отличается от  $\theta$ . Если изображение было бы кругом значительно меньшего радиуса, чем половина ширины щели, то запаздывание стремилось бы к  $0,693 \theta$ . Другими словами, мы искусственно добиваемся, чтобы  $\tau = \theta$  и этому не может помешать даже срез звезды краями дорожки.

Рассмотрим теоретически переход от синусоидальных сигналов на прямоугольные.

### За. Теория трапецидально синусоидальных сигналов.

При фотоэлектрической регистрации прохождения звезд приходится усилить сигналы от звезды, которые получаются при прохождении изображения звезды по визирной решетке. Сигналы получаются примерно синусоидальной формы. При усилении естественно получается прямолинейная срезка значительной части экстремумов синусоиды. Очевидно, что особенно сильно срезывание действует на запаздывание, если в обратной связи имеется значительная постоянная времени. Упростим задачу, т.е. определим запаздывание для синусоидального сигнала, у которого срезаны экстремумы. Применим для таких сигналов теорию разработанную Р.К. Калинин [3], т.е. определим запаздывание по рекуррентной формуле

$$i_{\phi}(t+nT) = i_{\phi}(t) - e^{-\frac{t}{\theta}} \theta^{-1} K, \quad (2)$$

где

$$K = \int_0^{\infty} e^{-\frac{t}{\theta}} i_{\phi} dt.$$

Запаздывание  $\tau$  определяется по (2) при  $t=\tau$ , т.к.

$i_{\phi}(\tau+nT) = 0$ . Трапецидально синусоидальные сигналы определяются следующими формулами ( $n=0, 1, 2, \dots$ )

$$\begin{aligned} i_{\phi} &= \sin \omega t, & 0 \leq t \leq t_{\alpha}, \\ i_{\phi} &= (-1)^n \sin \omega t_{\alpha}, & t_{\alpha} + \frac{1}{2}nT \leq t \leq (n+1)\frac{T}{2} - t_{\alpha}, \\ i_{\phi} &= \sin \omega t, & (n+1)\frac{T}{2} - t_{\alpha} \leq t \leq (n+1)\frac{T}{2} + t_{\alpha}. \end{aligned}$$

Сходимость бесконечных рядов в рассматриваемом случае доказывается элементарно, т.к. получаются бесконечные геометрические прогрессии с коэффициентом меньшим единицы. Учитывая, что

$$\begin{aligned} \int e^{-\frac{t}{\theta}} \sin \omega t dt &= -\frac{\theta e^{-\frac{t}{\theta}}}{1+\theta^2\omega^2} [\omega \theta \cos \omega t + \sin \omega t] + C, \\ \int e^{-\frac{t}{\theta}} dt &= -\theta e^{-\frac{t}{\theta}} + C, \end{aligned}$$

легко определить К. Величину К разложим на несколько частей. Интеграл в пределах от 0 до  $t_a$  имеет следующий вид

$$-\frac{\theta e^{-\frac{t_a}{\tau}}}{1+\theta^2\omega^2} [\theta\omega\cos\omega t_a + \sin\omega t_a] + \frac{\theta^2\omega}{1+\theta^2\omega^2}.$$

Интеграл, соответствующий прямолинейной части сигналов, есть следующий

$$\theta\sin\omega t_a \left[ e^{-\frac{t_a}{\tau}} - e^{-\frac{\tau}{2\theta}} \frac{e^{\frac{t_a}{\theta}} + e^{-\frac{t_a}{\theta}}}{1 + e^{-\frac{\tau}{\theta}}} \right].$$

Очевидно, что вследствие множителя  $e^{-\frac{\tau}{2\theta}}$  этот член можно считать равным

$$\theta e^{-\frac{t_a}{\theta}} \sin\omega t_a.$$

Интеграл, соответствующий дальнейшей части синусоидального сигнала, также имеет множитель  $e^{-\frac{\tau}{2\theta}}$  и поэтому им можно пренебречь. Если  $e^{-\frac{t_a}{\theta}}$  является достаточно малым, то К равен с достаточной точностью

$$\frac{\theta^2\omega}{1+\theta^2\omega^2}.$$

Если же  $-\frac{t_a}{\theta}$  величина малая и  $\theta^2\omega^2 \approx 0$ , то

$$K = -\frac{\theta e^{-\frac{t_a}{\theta}}}{1+\theta^2\omega^2} [\theta\omega + \omega t_a] + \frac{\theta^2\omega}{1+\theta^2\omega^2} + \theta e^{-\frac{t_a}{\theta}} \omega t_a.$$

При определении  $i_{\phi}(\tau)$  следует рассмотреть два случая

$$t_a \geq \tau \quad \text{и} \quad t_a < \tau.$$

Первый случай соответствует синусоидальной части интервала и мы имеем

$$i_{\phi} = -\frac{1}{1+\theta^2\omega^2} [\theta\omega\cos\omega\tau - \sin\omega\tau - \theta\omega e^{-\frac{\tau}{\theta}}].$$

При  $t_a < \tau$  величина  $i_{\phi}(\tau)$  состоит из двух частей, а именно, если положить  $\theta^2 \omega^2 = 0$

$$i_{\phi} = \frac{e^{-\frac{\tau}{\theta}}}{\theta} \left[ \int_0^{t_a} e^{\frac{t}{\theta}} \sin \omega t dt + \int_{t_a}^{\tau} e^{\frac{t}{\theta}} \sin \omega t dt \right] =$$

$$= -e^{-\frac{\tau+t_a}{\theta}} \theta \omega + e^{-\frac{\tau}{\theta}} \theta \omega + \omega t_a.$$

Подставляя в формулы (2) при  $t = \tau$  имеем в первом случае (при сравнительно больших значениях  $t_a$ )

а)  $\tau = \theta$  при малых значениях  $t_a$ , 0)  $\tau = \theta - \theta e^{-\frac{\tau+t_a}{\theta}}$ , ( $\tau \leq t_a$ ),

в)  $e^{-\frac{\tau}{\theta}} = \frac{t_a/\theta}{e^{t_a/\theta} - e^{-t_a/\theta}}$ , ( $\tau > t_a$ ).

Формулы а, б, в переходят одна в другую, если  $t_a \gg 0$  и  $t_a = \tau$ . При  $t_a \rightarrow 0$  имеем  $\tau : \theta = 0,693$ , т.е. случай

прямоугольных сигналов:  $e^{-\frac{\tau}{\theta}}$ . При  $t_a = \theta$ , т.е. в переходном случае  $\tau = \theta(1 - e^{-2\tau/\theta})$

приближенно имеем  $\tau : \theta = 0,7$ .

Следовательно, при  $\tau > t_a$  имеем практически, с точки зрения запаздывания, случай прямоугольных сигналов. При  $\tau_a < t_a$  при возрастании  $t_a$  запаздывание весьма быстро стремится к значению  $\theta$ . Действительно, т.к.

$$\Delta = A \sin \omega t_a \approx A \omega t_a,$$

то при одинаковой срезки

$$t_a : t'_a = A' : A.$$

Если  $A' : A$  соответствует одной звездной величине,  $A'$  соответствует  $\tau = 0,70$ , то  $\tau$  отличается от  $\theta$  на несколько процентов.

#### 4. Установление областей свободных от нулей

Опыт показывает, что в среднем за вечер отступление от нормального режима примерно одинаково. Отступление следует устанавливать по моментам пересечения сигналом уровня регистрации и регулировкой напряжений ФЭУ от вечера к вечеру добиваться оптимального режима устройства. По работе регистрирующего устройства без добавочных исследований не удастся установить, имеются или нет в окрестности экстремумов нули, однако можно провести следующий эксперимент. Для звезды с периодом  $T = T_0 \text{ сек}$  включаем генерацию меток с периодом  $T/3$ . Далее действуем как обычно. В таком случае, если имеет место предыдущий пример, в момент  $t_1$  будет включена не первая, а вторая метка, а следующие будут генерироваться через моменты  $T/6$ .

Так как в память ЭВМ посылаются данные о суммах длительностей выбросов, то наблюдатель сможет по ним узнать, насколько окрестности экстремумов свободны от нулей. Естественно, что эти наблюдения могут быть использованы для получения поправок часов, только алгоритм определения моментов идеальных нулей должен быть изменен. Вместо формулы (I) будет иметь место другая формула. Пусть на синхронизирующем устройстве устанавливается не период меток  $T$ , а величина  $T/n = 2K$ . В таком случае после автоматического включения меток при больших шумах следует провести анализ длительностей выбросов между метками, чтобы узнать, которые метки ближе всего экстремумам. Следует учесть, что устройство суммирует длительности выбросов, меняя знак суммируемых выбросов после каждой метки, т.е. после  $K$ . Поэтому осредненный момент пересечения сигналом уровня регистрации  $t_0$  следует определять, суммируя длительности между экстремумами и изменяя знаки суммируемых выбросов, т.е.

$$t_0 = t_n + \sum_{i=2n}^{\prime} \Delta_i + \sum_{i=2n+1}^{\prime} (K - \bar{\Delta}_i),$$

где  $t_n$  - метка ближайшая к экстремуму,  $\Delta_i$  - длительность положительного выброса,  $\bar{\Delta}_i$  - длительность отрицательного выброса, а штрих обозначает, что суммируется через 2.

### 5. Ошибка натяжения шланга фотоголовки

При определении поправок часов пассажным инструментом, установленным в меридиане, по средним моментам прохождений звезд через визирную решетку большинство ошибок исключаются перекладкой инструмента в лагерах.

Коллимация инструмента, которая зависит от гнуптия труб, на которых помещена визирная решетка, в большой мере исключается при перекладке инструмента в лагерах, т.к. решетка закреплена параллельно трубе телескопа. Следует приложить все усилия, чтобы шланг, по которому ток от фотоэлектрической головки передается к усилителю, не давил бы на ось инструмента. В качестве примера влияния давления шланга на поправку часов приводятся поправки Службы времени Латвийского госуниверситета по бюллетеню E-I2 октябрь-декабрь 1977 г. Всемирное время [4].

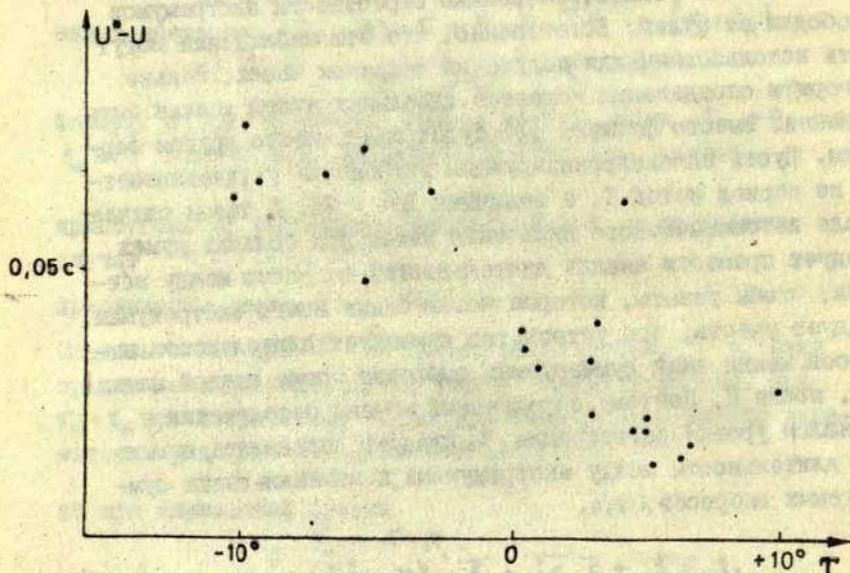


Рис. 6

Таблица I

1977 г.	дата	$T$	$U^* - U$ 0,0001с	1977 г.	дата	$T$	$U^* - U$ 0,0001с
октябрь	4,9I	3,0	339	ноябрь	30,87	-5,4	485
	6,79	6,2	150	декабрь	3,73	+4,0	649
	10,74	10,7	289		7,72	-9,4	665
	14,97	0,6	380		8,74	-9,7	717
	17,83	4,9	205		11,72	-10,3	645
	19,79	6,5	239		12,76	-5,6	713
	20,73	3,3	426		16,75	+0,6	363
	21,73	5,0	215		20,80	+0,9	302
	29,79	6,6	179		21,73	-3,1	643
ноябрь	9,79	5,5	186		25,82	-6,7	640
	10,82	4,5	208				

Этот огромный скачок, который наглядно выявился 30 ноября, объясняется тем, что в соответствующий промежуток времени головка пассажного инструмента была закреплена только винтом шлица тубуса окуляра и, следовательно, напряжения шланга изменяли положение решетки. Это изменение зависело от напряжения винта, т.е. от температуры, что видно из графика (рис.6).

#### 6. Выбор усилителя

Из ошибок, которые могут возникнуть при фотовольтовой регистрации, следует отметить применение неподходящего усилителя, например, усилителя, который работает в нелинейной части амплитудной характеристики. В этом случае появляется ошибка яркости и склонения. Чтобы оценить качество усилителя, целесообразно определять поправки точного времени по наблюдениям моментов прохождения звезд при разных постоянных времени.

Служба времени Латвийского государственного университета в период от 1973 г. по 1978 г. вела определения точного времени усилителем, который давал приемлемые моменты прохождения только при достаточно малых значениях постоянной времени. В таблице 2 приведены  $\theta - C$  для поправки, определенные 27.IX 1978 г. при постоянной времени  $\theta = 0,1$  с.



Таблица 2

27. IX 1978 К(452)

№	m	$\delta^\circ$	$\Delta u_j$	$\Delta u_v$
606	5,74	56	0,0044	0,0412
607	3,92	43	0,0100	-0,0137
610	5,73	53	0,0090	0,0437
612	4,14	5	0,0179	-0,0084
614	2,60	62	-0,0276	-0,0846
619	3,32	70	-0,0020	-0,0240
620	4,22	45	0,0034	-0,0107
622	4,87	61	-0,0001	0,0145
623	4,78	51	-0,0037	0,0014
625	4,46	61	-0,0191	-0,0176
627	5,00	29	0,0240	0,0286
629	5,05	25	0,0071	0,0123
630	5,85	65	0,0282	0,0716
633	3,19	0	0,0044	-
636	3,62	58	0,0077	-0,0181
638	4,23	56	0,0201	0,0118
640	4,66	46	-0,0267	-0,0272
644	4,42	0	-0,0213	-
646	3,85	50	-0,0150	-0,0383
647	4,13	0	-0,0190	-
649	5,21	63	-0,0060	0,0200
654	4,31	12	0,0045	-0,0155

$$u_j = -0,0391 \pm 0,0035$$

$$u_v = -0,0839 + 0,0061.$$

В пятом столбце помещены 0 - С, в четвертой - 0 - С после устранения уравнения яркости. Для звезд с блеском больше пятой величины все 0 - С положительны, а для звезд - меньше третьей величины - отрицательны. После исправления за уравнение яркости  $-0,03$  ( $m - 6,0$ ) оно исчезло, поправка изменилась на 0,05 с и ошибка поправки уменьшилась вдвое. При постоянной времени  $\theta = 0,033$  с также наблюдалось небольшое уравнение яркости, а при  $\theta = 0,025$  с его практически не стало [5]. Мы считаем, что

усилитель, с точки зрения искажения сигнала, достаточно хорош, если при  $\theta = 0,033$  с не имеется уравниения яркости.

### § 3. Теория определения моментов прохождения звезд в случае больших шумов

Рассмотрим случай, когда на сигнале нет промежутков, свободных от нулей. В этом случае имеются некоторые трудности также в классическом методе определения среднего момента пересечения, т.е. определение среднего момента как среднего арифметического из моментов пересечения. Действительно, момент включения устройства, т.е. выбор первого момента пересечения является необоснованным, но от выбора его зависит результат. Поскольку выбор начального момента регистрации практически остается произвольным, следует, очевидно, закончить регистрацию в подходящий момент. Выбирать этот момент необходимо так, чтобы он был симметричным конечным моментом относительно идеального среднего момента при прохождении звездой решетки в данном положении инструмента. Рассмотрим эту проблему для метода определения среднего момента с учетом выбросов. Предположим, что на всем сигнале есть нулевые точки. Естественно, что их гораздо меньше будет в окрестности экстремумов. Рассмотрим сперва случай, когда режим регистрации нормальный, но метки не совпадают с экстремумами  $t_m, E$  (рис. 7). Проведем относительно точки идеального пересечения  $t_0^\circ$ , следующего за меткой  $t_1$ , симметричную прямую  $t_1'$ . Вследствие однородности шумов  $t_0^\circ$  можно определить по формуле

$$t_0^\circ = t_1 + \sum \Delta_i, \quad (3)$$

суммируя выбросы — в интервале от  $t_1$  до  $t_1'$ , однако устройство суммирует их (притом только положительные) до метки  $t_2'$ . Если промежуток  $[t_1', t_2']$  свободен от положительных выбросов, то формула (3) тождественна (1). Однако, мы предположили, что в интервале  $[t_1', t_2']$  имеются положительные выбросы и, следовательно, формулу (1) следует ис-

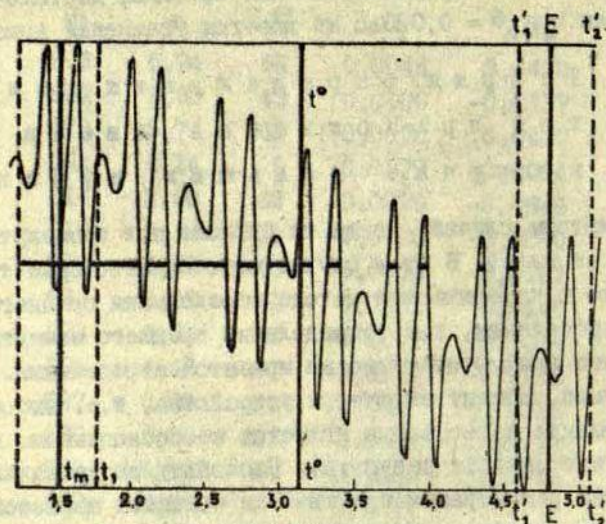


Рис. 7

править за длительность положительных выбросов в интервале  $[t_1', t_2']$  и мы имеем

$$t^0 = t_1 + \sum_{t_1, t_2} \Delta_i - \sum_{t_1', t_2'} \Delta_i \quad (3')$$

Если же метка  $t_1$  будет находиться перед экстремумами, то будет иметь место недостаток положительных выбросов и вместо знака "минус" в формуле (3') следует поставить знак "+". В следующем интервале  $t_2'$  опять запаздывает относительно экстремума и опять имеет место формула (3'). Поправку  $\sum \Delta_i$  можно приближенно определить, т.к. дуга сигнала в интервале  $t_1' + t_2'$  мало отличается от прямой, параллельной уровню регистрации. Следовательно, удельная длительность выбросов на единице интервала времени - величина  $I$  - постоянна. Чтобы измерить  $I$ , следует вблизи меток приводить измерение длительности выбросов на небольших заранее известных интервалах времени. При помощи  $I$  формула (3') приобретает следующий вид

$$t^0 = t_1 + \sum_{t_1, t_2} \Delta_i + 2(t_2' - t_1') I, \quad (4)$$

где поправка положительна или отрицательна в зависимости от того, находится ли  $t_i'$  перед или после  $E$ . Для определения положения  $E$  следует найти по совокупности всех наблюдений точки пересечения  $t_i^o$ . Имеем соотношения

$$E_i = \frac{t_{i-1}^o + t_i^o}{2}$$

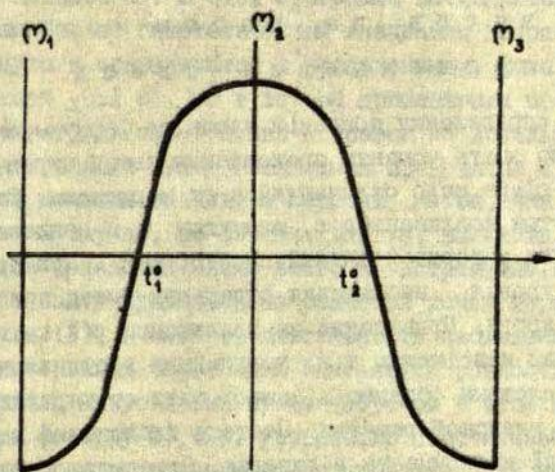


Рис. 8

Если наблюдения ведутся вне нормального режима, то формула (4) также остается в силе. Это следует из симметрии сигнала относительно ординаты экстремума. Для простоты допустим, что метки совпадают с ординатами экстремумов. В этом случае длительности положительных выбросов  $\sum \Delta_i$  и отрицательных выбросов  $\sum \bar{\Delta}_i$  между метками  $M_1, M_2$  соответственно равны длительностям выбросов между метками  $M_2, M_3$  (рис. 8)

$$\sum_{M_1, M_2} \Delta_i = \sum_{M_2, M_3} \Delta_i, \quad \sum_{M_1, M_2} \bar{\Delta}_i = \sum_{M_2, M_3} \bar{\Delta}_i,$$

кроме того

$$\sum_{m, m_2} \Delta_i + \sum_{m, m_2} \bar{\Delta}_i = \frac{T}{2}.$$

Следовательно, несмотря на то, что  $t'_i$  и  $t''_i$  неправильно определяются по формуле (4), их полусумма определяется правильно.

#### § 4. Определение поправок часов по параметрам моментов прохождения звезд

Для определения поправок часов по формуле Майера необходимо знать моменты прохождения звезд через круг на небесной сфере, мало отличающийся от меридиана. Отличие определяется коллимацией  $s$ , азимутом  $\kappa$  и наклоном оси инструмента к горизонтальной плоскости  $i$ . При помощи отсчетов уровня наблюдения отдельных звезд приводятся к общему кругу. Приведение за коллимацию  $s$  к кругу высот практически невозможно т.к. коллимация вертикальной щели меняется сложным образом в зависимости от упругих свойств крепления визирной решетки. Поэтому наблюдения ведутся с перекладкой инструмента в лагерах. Определяя средний момент из моментов до и после перекладки, наблюдения редуцируют к единому кругу высот, азимут которого следует определять из наблюдений звезд с разными склонениями.

Следует различать два варианта работы устройства, т.е. случаи малых и больших шумов. В случае малых шумов, если период меток совпадает с периодом сигнала, определение средних моментов прохождений происходит по формуле (I). Однако, программа на ЭВМ должна и в этом простейшем случае учитывать, что наблюдатель иногда опаздывает включить генератор меток до или после перекладки инструмента в лагерах. Поэтому следует строить "пару моментов" и проверять регулярность появления контактов. В случае отступления порядка  $\pm 0,1$  с следует считать, что наблюдатель опоздал с включением генератора меток. Средний момент из моментов до и после перекладки может получиться неверным из-за

опоздания включения устройства. Если момент меток фиксируется без показания целых секунд, то целесообразно в первом приближении моменты прохождения с неполным числом контактов не рассматривать. Если же показания целых секунд известны, то согласовать моменты до и после переключки весьма просто. В Службе времени АО Латвийского госуниверситета безотказно работает программа определения поправок часов для случая, когда целые секунды показаний часов неизвестны. В этой программе вычисляются моменты прохождений по гипотетическим значениям поправок часов и азимута и сравниваются с наблюдаемыми. Если разность превышает  $\pm 0,1$  с, то в первом приближении соответствующий момент для определения поправок не используется.

В случае больших шумов наблюдения проводятся с целое число раз меньшим значением периода меток, чем у сигнала. В этом случае, во-первых, следует выяснить, которые из меток находятся ближе всего к экстремумам. После этого следует найти приближенные значения точек пересечения по формуле (1), в которой длительность наблюдаемых выбросов в интервалах через один заменяется разностью "длина интервала минус длина суммы выбросов в этом интервале" (смотри формулу 2), т.к. устройство подсчитывает длительность выбросов в последующих интервалах между метками противоположных знаков. Если предварительные значения точек пересечения известны, следует определить среднюю интенсивность выбросов в единицу времени в окрестности экстремумов и вычислить средние моменты по формуле (4).

### Л и т е р а т у р а

1. Огриньш М.П. Устройство для непосредственной регистрации средних моментов прохождений звезд с выдачей результата на цифropечатающее устройство. - Учен.зап. ЛГУ им.П.Стучки, 1975, т.220, вып. II, с.80.
2. Штейнс К.А., Огриньш М.П. Авт. свидетельство №330415, 1971.
3. Калнинь Р.К. Об оптимальных условиях при фотоэлектрической регистрации моментов прохождения звезд. - Учен.

- записки ЛГУ им.П.Стучки, 1969, т.121, вып.4, с.11.
4. Госстандарт СССР, Бюллетень Е - 12. Всемирное время, М., 1977.
  5. Штейнс К.А., Каупуш Э.Я., Иванов А.В. Ошибка яркости в астрономических определениях времени. -В кн.:Астрономия. Автоматическая регистрация моментов прохождения звезд. Мекведомств.об.научн.трудов. Рига, 1980, с.71.

### Резюме

К. А. Ш т е й н с

#### ОБОБЩЕННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОМЕНТОВ ПРОХОЖДЕНИЯ ЗВЕЗД С УЧЕТОМ ВЫБРОСОВ

Теория определения моментов прохождения звезд с учетом выбросов обобщена на случай больших шумов, т.е. когда сигнал, искаженный помехами, дает ложные моменты регистрации в любом интервале сигнала. Предложены приемы для оценки качества усилителя и подсчета длительностей выбросов. Предложены два варианта автоматического включения меток.

### K o r s a v i l k u m s

K. Š t e i n s

#### ZVAIGŽŅU TRANZĪTMOMENTU REGISTRĀCIJAS IZSITIENU VISPĀRINĀTĀ METODE

Tranzītmomentu registrācijas izsitienu metode vispārināta stipru trokšņu gadījumā, t.i., kad izkroplotais signāls jebkurā intervālā dod liekus registrācijas momentus. Izstrādāti pamēieni pastiprinātāja un izsitienu ilgumu summas precizitātes novērtēšanai. Apskatīti divi varianti iedaļu signālu automātiskai ieslēgšanai.

S u m m a r y

K. Š t e i n s

A GENERALIZED METHOD OF DETERMINATION OF STAR  
TRANSITS ACCOUNTING FOR ACCIDENTAL EJECTIONS

The method of determination of star transits is generalized for case of intense accidental ejections (when fictitious moments are registered within any time interval). A way estimating the amplifiers quality is proposed in this paper as well as for calculating duration of ejections. Two different ways of automatic time mark switching are considered.

ЛАТВИЙСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. П. СТУЧКИ  
АВТОМАТИЧЕСКАЯ РЕГИСТРАЦИЯ МОМЕНТОВ  
ПРОХОЖДЕНИЯ ЗВЕЗД. АСТРОНОМИЯ, 1980

УДК 522.98

Ойдов Дан-Аа  
АО ЛДУ им. П. Стучки

РЕГИСТРАЦИЯ МОМЕНТОВ ПРОХОЖДЕНИЙ ЗВЕЗД  
НА НЕСКОЛЬКИХ УРОВНЯХ

В в е д е н и е

Увеличение точности регистрации моментов прохождений звезд через меридиан является одной из основных задач службы времени. Эта задача осуществляется, в основном, за счет модернизации и внедрения новых методов измерений и применения высокоточных электронных приборов, электронно-вычислительных машин для обработки данных и т.д.

В Астрономической обсерватории Латвийского государственного университета им. П. Стучки с 1974 года работает фотоэлектрическая установка, учитывающая случайные выбросы в сигнале от звезды, которая повысила точность регистрации моментов прохождений на 30% сравнительно с визуальным методом. Для дальнейшего увеличения точности профессором К.А. Штейнсом был выдвинут вопрос о регистрации моментов прохождений на нескольких уровнях. В настоящей статье изложено некоторое решение этих вопросов.

## §1. Исследование случайных выбросов в фотоэлектрической установке пассажного инструмента

Шумы, влияющие на электрический сигнал звезды в фотоэлектрической установке, могут быть подразделены на два основных класса. К первому классу относятся шумы, вызванные дрожанием, мерцанием звезд на фоне неба. Ко второму классу относятся шумы, порожденные электронными приборами. Сюда входят всякие тепловые шумы активных элементов, а также избыточные и дробные шумы. Эти электронные шумы зависят от конструктивных и технологических решений электронных приборов, которые применяются в конкретной установке. Степень действия электронных шумов в большой мере зависит от режима постоянного тока и конструкции установки.

Следовательно, влияние электронных шумов можно минимизировать при разработке электронных блоков, а действие атмосферных шумов, к сожалению, не зависит от наших возможностей.

В настоящее время применяются, с точки зрения шумовых отношений, в основном два способа обработки электронной информации, полученной непосредственно от изображения движущихся звезд: при первом способе сглаживаются шумы, сидящие на полезных сигналах, с помощью интегрирования [1], при втором способе эти шумы не интегрируются, а в отдельных случаях они используются при определении данного интервала времени [2 + 7].

Рассмотрим некоторые особенности внешних шумов. Изображение звезды может быть представлено круглым пятном, яркость которого меняется (пульсирует) в отдельных местах. Такое явление называется мерцанием звезды. Когда изображение идет от одной щели решетки к другой (рис. I), оно пересекает границу между щелями, даже в момент  $t_1$ , когда центр изображения не доходит до границы.

Такое же пересечение будет и после его ухода от границы около момента  $t_2$ . Следовательно, из рис. I видно, что сумма длительностей случайных пересечений занимает довольно большой промежуток времени от  $t_1$  до  $t_2$ . В дальнейшем назовем ее суммарным интервалом выбросов на одной границе и обозначим через  $\delta_1$ .

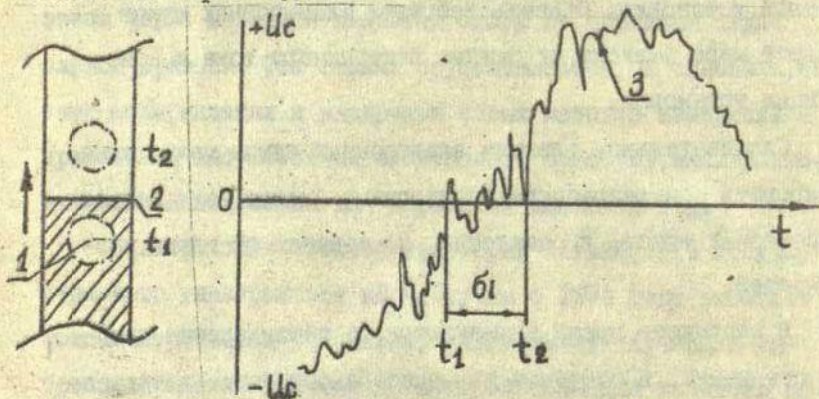


Рис. I. Пересечение случайными выбросами уровня регистрации, где 1 - изображение звезды, идущее по направлению стрелки; 2 - граница щелей и 3 - сигнал от звезды

Кроме таких сравнительно высокочастотных шумов наблюдаются выбросы большой длительности, которые могут быть вызваны дрожанием звезд. Под дрожанием понимается

случайное движение изображения звезды по любому направлению. Движение перпендикулярно к границе щелей и вызывает самое сильное искажение в форме сигнала.

Допустим (см.рис.2), что через небольшой промежуток времени после прохождения через границу решетки в момент  $t_2$  звезда возвратилась обратно к моменту, обозначенному  $t_3$ , а потом снова пошла вперед по основному направлению (рис.2).

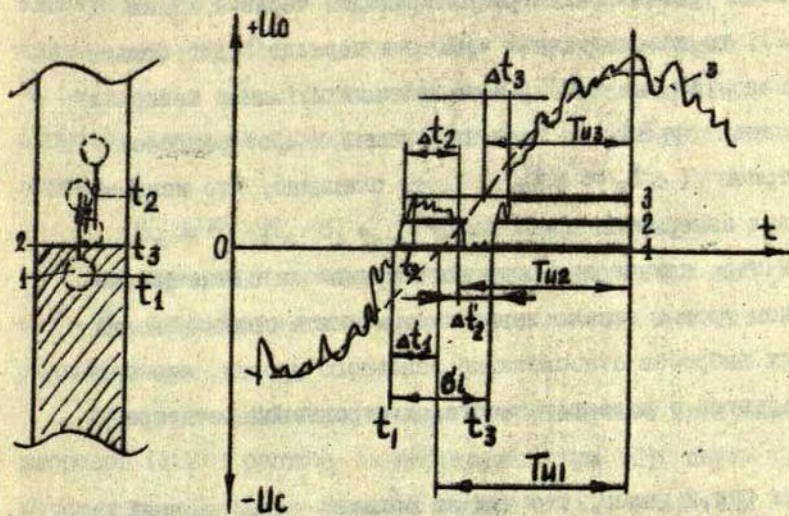


Рис. 2. К выявлению дрожания звезд обозначения те же самые, что и на рис. I.

Рефракция вызывает быстроменяющиеся мелкие выбросы и медленноменяющиеся большие выбросы.

Быстроменяющиеся мелкие выбросы вследствие их большего числа более равномерно и симметрично распределены вокруг полезного сигнала, чем большие выбросы и, следова-

тельно, вокруг уровня регистрации. Кроме того, они легко сглаживаются при небольшой постоянной времени. Все это свидетельствует о том, что их влияние на точность относительно мало.

Выбросы с большой длительностью не сглаживаются даже при большой постоянной времени и очень сильно влияют на точность. Рассмотрим зависимость точности от положения уровня регистрации.

Если уровень регистрации проходит через I линию (рис.2), то положительная четверть периода будет больше истинного  $T_{\text{И}}$  на  $\Delta t_1$ , а на III линии истинный интервал  $T_{\text{И}}$  меньше на  $\Delta t_2$ . Если на II линии выброс разделен симметрично ( $\Delta t_2 \approx \Delta t'_2$ ), то очевидно, что искомый интервал измеряется правильно.

В этом случае точность регистрации на одном фиксированном уровне сильно зависит от момента возникновения больших выбросов относительно основного уровня, что свидетельствует о недостаточности одноуровневой регистрации.

Из рис.2 видно, что чем на большем числе уровней будет вестись регистрация, тем точнее будут определяться средние моменты прохождения звезд через меридиан. Для ослабления фона неба в фотоэлектрической установке в настоящее время применяют зеркальную решетку с двумя фотоумножителями. При этом степень ослабления фона неба определяется идентичностью фотоумножителей.

В проделанных автором работах [ 8 ] были рассмотрены вопросы влияния числа случайных выбросов на точность

их учета при регистрации моментов прохождения звезд.

Теперь перейдем к вопросу о влиянии суммарного интервала выбросов на точность регистрации. Целью этой работы является создание принципов теории фотоэлектрической установки, работающей на нескольких уровнях с учетом случайных выбросов. Если у фотоэлектрической установки имеется решетка, состоящая из  $n$  границ, то при прохождении изображения звезды через первую границу в электрическом сигнале возникает суммарный интервал случайных выбросов  $\tau_1$ , а потом  $\tau_2$  и так далее через  $n$ -ю границу —  $\tau_n$ . Тогда суммарный интервал случайных выбросов для всех границ, обозначенный через  $\tau_c$ , будет равен:

$$\tau_c = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \dots + \tau_n.$$

Для измерения суммарного интервала случайных выбросов —  $\tau_c$  разработан специальный метод и создана электронная схема.

Функциональный блок измерителя суммарного интервала выбросов (ИСИВ) состоит из дифференциатора (Д), перво-восстановителя (П), сумматора выбросов (С), усилителя (У), электронного коммутатора (ЭК) и электронного счетчика (СЧ).

На рисунках 3 и 4 показаны блок-схема ИСИВ и временная диаграмма напряжений основных узлов. Эксперимент производился в Астрономической обсерватории Латвийского государственного университета им. П. Стучки.

ИСИВ подключался к выходу порогового устройства основного блока фотоэлектрической установки (ФУ). Известно,

что сигнал с шумами от звезды, изображенный на рисунке 4а, вызывает в пороговом устройстве такое состояние, когда оно вырабатывает на выходе импульсы ( рис. 4б ), соответствующие по длительности входным сигналам.

На вход дифференциатора подается сигнал от порогового устройства ( рис. 4б ) и он дифференцируется ( 4в ). Это необходимо для отделения шумов от сигнала. Постоянная времени дифференцирования выбрана достаточно малой (  $\tau = 82$  мксек ), чтобы шумы хорошо отделились. Отдельные шумы поступают на П, построенный - на ждущем мультивибраторе ( на транзисторах  $T_1, T_2$  на рис. 5 ), где перевосстанавливаются прямоугольные импульсы с длительностью примерно 0,3 мсек. Потом они инвертируются по фазе на  $180^\circ$  транзистором  $T_3$  и закрывают транзистор  $T_4$ . На выходе этого транзистора появляются положительные импульсы ( рис. 4г ), которые заряжают конденсатор  $C_3$ . Потенциал  $C_3$  открывает транзистор  $T_5$ , следовательно, через сопротивление  $R_{16}$  течет ток. За счет падения напряжения на  $R_{16}$  триггер Шмитта, собранный на транзисторе  $T_6$  и  $T_7$ , меняет свое состояние ( рис. 4д ) в момент начала импульсов. В момент  $t_2$ , когда прекращается первый шумовой импульс, конденсатор  $C_3$  начинает разряжаться через цепь  $R_{15}, R_{16}$ , база - эмиттер (  $R_{\delta_3}$  ) транзистора  $T_5$ . Однако, интервал между двумя соседними шумами, например, от  $t_2$  до  $t_3$ , достаточно мал, чтобы за это время  $C_3$  не успел разрядиться до напряжения (  $U_{зап}$  ), достаточного для запираания транзистора  $T_5$ . Следовательно, триггер остается в преж-

КОМАНДА НАЧАЛА И КОНЦА РЕГИСТРА

сЧЕТНЫЕ ИМПУЛЬСЫ

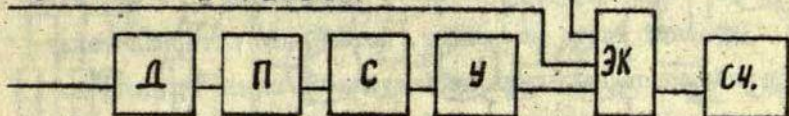


Рис. 3. Блок - схема ИСИБ.

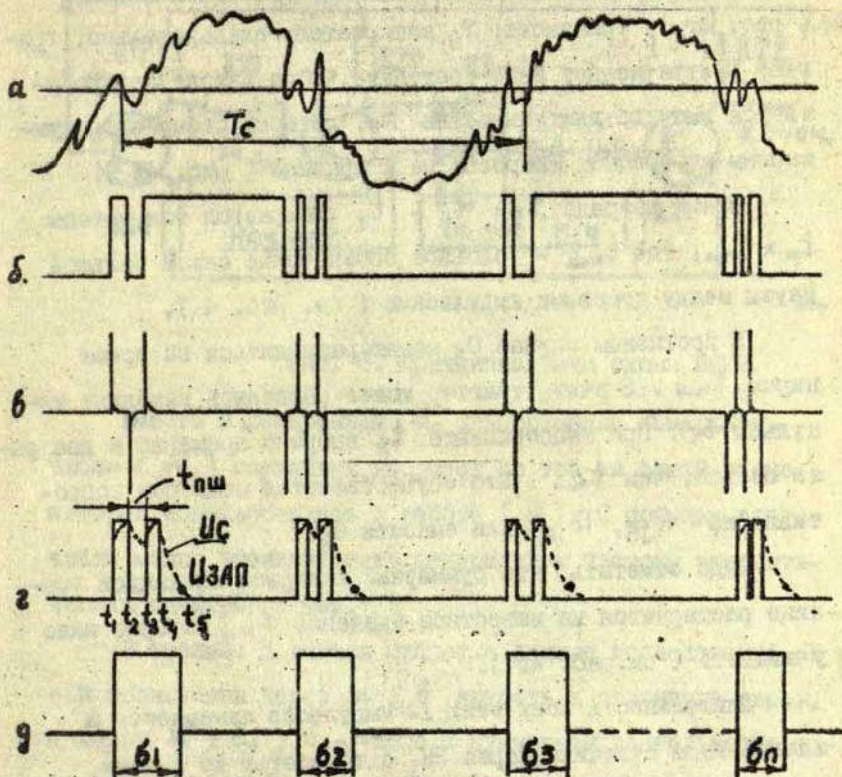


Рис. 4. Временная диаграмма ИСИБ.

нем состоянии ( рис. 4д ). Напряжение ( $U_c$ ) конденсатора показано на рис. 4г.

После момента  $t_4$ , когда кончались шумовые импульсы на первой границе,  $C_3$  начинает заряжаться. В этом случае его разряду ничто не мешает, потому что интервал между случайными выбросами в промежутке от одной границы до другой сравнительно большой - порядка полупериода сигнала. Когда  $C_3$  разряжается до напряжения  $U_{зап}$ , с момента  $t_5$  ( рис. 4г ), транзистор  $T_5$  запирается, следовательно, триггер Шмитта меняет свое состояние, и на выходе его получается импульс длительностью  $t_p$ , который называется суммарным интервалом выбросов на I границе ( рис. 4д ).

Время разряда  $t_p = t_5 - t_4$  выбирается так, чтобы  $t_p > t_{нш}$ , где  $t_{нш}$  - условное обозначение самой большой паузы между шумовыми импульсами ( см. рис. 4 ).

В противном случае  $C_3$  может разрядиться за время паузы  $t_{нш}$ . Значит, триггер может разделить выходные импульсы  $b_i$ . При эксперименте  $t_p$  выбрано примерно в два раза больше, чем  $t_{нш}$ . Это осуществляется подбором сопротивлений  $R_{15}$ ,  $R_{16}$  или емкости  $C_3$ .

Надо отметить, что суммарный интервал на каждой границе расширяется на известное значение  $t_p$ , которое надо учитывать ( см.рис. 4г ).

Длительность всех этих 12 импульсов измеряется в электронном счетчике через ЭК<sub>1</sub> с точностью до 1 мсек. Суммарный интервал выбросов для всех 12 границ обозначен через  $b_c$ .

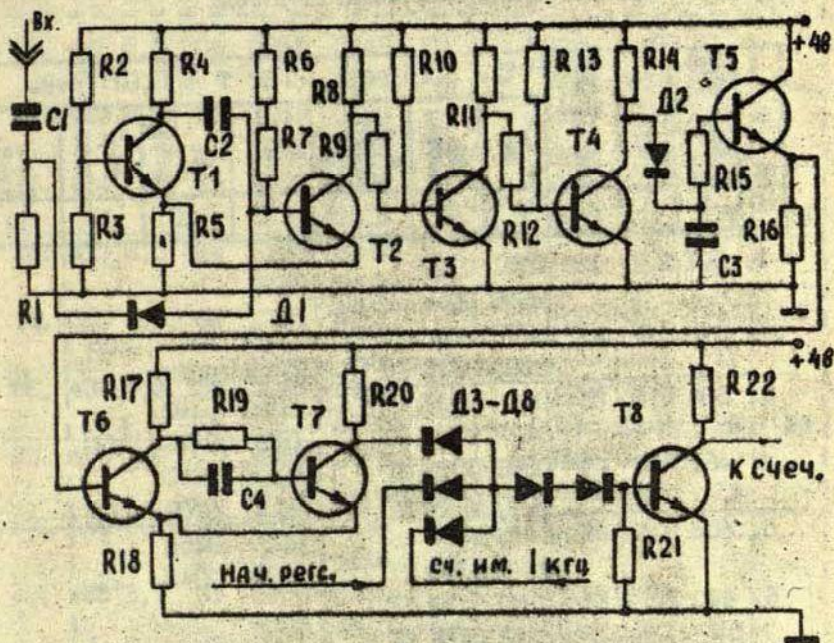


Рис. 5. Принципиальная схема ИКСИВ.

Вместе с измерением  $\beta_c$  одновременно измерялось число ( $n'$ ) случайных выбросов по той же самой схеме, которая использовалась в работе [8]. С помощью этого числа можно анализировать центральную частоту энергетических спектров шумов.

В таблице I даются цифровые данные исследований. В ней обозначены через  $m$ ,  $\delta$  яркость и склонение звезд, а через  $n'$ ;  $\beta_c$ ;  $\beta_{ср}$  число и суммарная длительность выбросов на всех 12 границах и ее среднее значение на одной границе. Измерения производились при различных значениях постоянной времени.

Данные наблюдений июня 1979 года

№ п/п	Номер звезды по КСВ	m	$\delta$ (град.)	$\tau = 0,04$ сек.				$\tau = 0,027$ сек.			
				n'	bc (мсек)	бср (мсек)	УСР. знач.	n'	bc (мсек)	бср (мсек)	УСР. знач.
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	501	2,1	13	0101	0147						
				0093	0094	10					
2.	443	2,3	27	0275	0228			0038	0110	08	
				0303	0238	19	14	0024	0074		10
3.	506	2,9	05	0148	0097			0090	0132		
				0123	0106	08		0105	0137	11	
4.	461	3,0	04	0080	0095			0166	0163		
				0080	0084	07	07	0092	0102	11	
5.	508	3,5	28	0119	0123			0257	0258		
				0164	0143	11		0205	0240	21	
6.	440	3,7	29	0190	0189						
				0213	0186	16					
7.	423	3,8	02	0182	0117		12				19
				0259	0156	11					
8.	1075	3,8	05	0077	0126			0237	0243		
				0124	0116	10		0120	0129	16	
9.	419	3,9	14	0232	0150						
				0237	0137	12					
10.	484	4,3	10	0196	0159			0412	0365		
				0314	0256	17	17	0324	0300	28	
11.	431	4,7	27	0300	0203						
				0487	0430	26					
12.	494	4,8	00	0426	0322			1017	0418		
				0974	0636	40		1628	0513	39	35
13.	488	4,9	12	0431	0286			0658	0502		
				0433	0310	25		0480	442	39	
14.	442	4,9	27	0450	0300	24					
				0502	0286		29				

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15.	475	5,7	04	075I 0843	0449 0559			2354 29II	I47I 20I4		I45 I4I
16.	460	5,9	I7	I053 II42	0690 06I3	42		2937 2237	I925 I493		I38
17.	434	6,0	I9	2437 I59I	0I36I 09I5		59 64	3288 4407	22II 2065		I78 I78
18.	4I3	3,0	38	0I20 0I42	0I42 0I96		I4				
19.	500	3,0	52	0I04 0I8I	0I5I 0235			0I27 0I59	0I8I 0224		I7
20.	439	3,5	59	2025 5I24	0I9I 02I3		I6 I6	0308 0263	0339 0249		25 20
2I.	479	3,6	39	0200 0240	02I0 0294			0205 0225	0I72 0255		I8
22.	430	3,6	40	02I6 0288	0I96 0236		I8				
23.	486	3,9	3I	0289 0292	0288 0293			0336 0I43	0379 0I63		23
24.	5I2	3,9	57	0I8I 0I6I	0I46 0I46		I2 I8				
25.	457	4,I	59	0I70 0I68	0I45 0233			0288 0333	0253 0290		23
26.	459	4,3	45	0I54 0259	020I 022I		I8	0I54 0259	020I 022I		I8
27.	498	4,5	37	02I6 0I94	0I97 0I26		I3	0392 0543	0369 0433		33 29
28.	465	4,7	3I					06I7 0506	0444 04I3		36
29.	452	4,6	43	0548 0445	0352 0343		29 20	0558 0443	0476 0336		34
30.	48I	4,9	46	0576 034I	0485 0232			0503 0558	04C? 0548		40
3I.	480	4,9	57	0663 0868	0520 0595		46	IIII IIII	094I 0958		79 54

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
32.455	5,0	55		0792	0563			0816	0646		
				0542	0438	42		0516	0382	43	
33.511	5,2	51		0741	0579						
				0701	0529	46	41				
34.453	5,5	43		1162	0613						
				1145	0737	56					
35.448	5,5	32		1026	0689			1152	0910		
				1045	0751	60		1090	0844	73	
36.473	5,6	53		0887	0560						
				0867	0560	47	58				
37.463	5,6	60		1763	0952			2281	1385		
				1061	0562	63		1878	1276	111	
38.499	5,7	60		1299	0754						
				1302	0834	66					
39.497	5,8	46		1125	0785			1957	1305		
				1206	0736	63		2064	1483	116	117
40.424	5,8	48		1299	0926						
				1069	1050	82					
41.445	6,0	55		1993	1007			3437	2044		
				1949	1015	84	72	3184	1989	168	
42.1072	6,2	41		1085	621						
				0984	553	49					
43.443	6,3	50		2853	1774						
				2511	1364	131	90				
44.441	6,3	55						6905	4739		
								4465	3171	330	330
45.466	2,9	62		0170	0163			0105	0181		
				0139	0186	15		0285	0341	20	
46.438	3,1	72		0245	0157			0215	0306		
				0227	0134	12	13	0313	0487	33	30
47.490	3,2	66		0112	0140			0288	0352		
				0102	0172	13		0373	0536	37	
48.485	4,8	65		0666	0475			1078	0869		
				0604	0489	40		1543	1105	82	
49.427	4,9	66		1225	0898						

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
				1122	0798	71					
50.	503	4,9	69	1261	0943						
				0849	0649	66	57				
51.	469	5,0	67	0947	0653			1496	1215		
				0976	0523	49		1614	1344	1071	95
52.	450	5,2	63	1014	0625			1618	1155		
				0862	0548	49		1750	1309	103	
53.	435	5,2	67	1302	0826			2331	1702		
				1671	1140	82	66	1662	1359	127	115
54.	470	5,8	61	1455	0882						
				1882	1059	81	81				
55.	492	5,5	63					2286	1790		
								1742	1243	126	132
56.	502	5,3	62					2453	1948		
								1701	1336	137	

На графике I иллюстрирована зависимость  $\bar{b}_{cp}$  от звездной величины и склонения. Все кривые возрастают с увеличением звездной величины по экспоненциальному закону.

1) При  $\tau = 0,040$  сек кривые 1, 2 ( при  $\delta < 30^\circ$  и  $\delta = 30^\circ + 60^\circ$  ) мало отличаются между собой.

Кривая 3 ( при  $\delta > 60^\circ$  ) с увеличением склонения заметно возрастает.

2) При уменьшении постоянной времени (  $\tau = 0,027$  сек ) все кривые ( 4, 5, 6 ), сохраняя свой прежний характер зависимости, переходили вверх в среднем на значение  $\Delta t$ .

Таким образом, СИВ при уменьшении постоянной времени расширился на величину  $\Delta t$ .

Определение  $\bar{b}_{cp}$  для любой звезды имеет большое практическое значение при выборе уровня регистрации, но

для всех звезд определить его экспериментальным путем не удастся. Предлагается формула, полученная эмпирическим путем на основе эксперимента.

Формула выведена из следующих соображений:

1. Зависимость должна иметь экспоненциальный характер с ростом звездной величины.
2. Она должна зависеть от склонения звезд, следовательно, надо внести некоторую поправку за изменение склонения.
3. Она должна зависеть от степени интеграции ( т.е. от постоянной времени ) электрического сигнала в усилителе.
4. Она должна соответствовать единице измерений.
5. Она должна быть верна при любых значениях  $\delta, m$ .

Итак, формула имеет вид:

$$\sigma_{ср} = \frac{(\tau_{макс} - \tau)}{m+1} A_0(\tau) e^{m + \frac{\delta_c}{60^\circ}}, \quad (I)$$

где  $\tau$  - постоянная времени данной установки в миллисекундах. В фотоэлектрической установке АО ЛГУ она равна 40 мсек.

$\tau_{макс}$  - максимальное значение постоянной времени, при которой шуми полностью сглаживаются.  $\tau_{макс} = 100$  мсек [1]. Значит, если фотоэлектрическая установка работает с большой постоянной времени ( $\tau = \tau_{макс}$ ), то в реальном случае все шуми должны быть интегрированы и пересечение сигналом уровня регистрации будет одно, следовательно, суммарный интервал случайных выбросов  $\sigma_c = 0$ .

Это видно из формулы (I).

$m, \delta_c$  - яркость и среднее значение склонения звезд.

Для вычисления  $\beta_{ср}$  по формуле (1) рекомендуется выбрать  $\delta = 40^\circ$ , если склонение меньше  $60^\circ$ ,  $\delta = 60^\circ$ , если склонение больше  $60^\circ$ .

$A_0(\tau)$  - постоянный коэффициент, который зависит от постоянной времени данной установки. Он определяется при  $\tau = 0,04$  сек по кривой 1, для которой  $\beta_{ср} = 17$  мсек,  $m = 4$ ,  $\delta_c = 40^\circ$ . В этом случае  $A_0(\tau) = 1,34 \cdot 10^{-2}$ . При уменьшении  $\tau$  снова определяется коэффициент  $A_0(\tau)$  по данной кривой, например, по кривой 4 графика I. Т.е. мы получаем  $A_0(\tau) = 1,81 \cdot 10^{-2}$  при  $\tau = 0,027$  сек при известном значении  $\beta_c = 28$  мсек  $m = 4$ ,  $\delta_c = 40$ .

После определения коэффициентов определяется  $\beta_{ср}$  для любых значений  $m$  и  $\delta$ .

Одна кривая по теоретическому вычислению построена на графике I жирной кривой, обозначенной буквой T, а остальные значения даются в таблице 2.

Таблица 2.

№	$\beta_{ср}$ при $A_0(\tau) = 1,34 \cdot 10^{-2}$ $\tau = 0,4$ сек $\delta_c = 40^\circ$	$\beta_{ср}$ при $A_0(\tau) = 1,34 \cdot 10^{-2}$ $\tau = 0,04$ сек $\delta_c = 60^\circ$	$\beta_{ср}$ при $A_0(\tau) = 1,81 \cdot 10^{-2}$ $\tau = 0,027$ сек $\delta_c = 40^\circ$	$\beta_{ср}$ при $A_0(\tau) = 1,81 \cdot 10^{-2}$ $\tau = 0,027$ сек $\delta_c = 60^\circ$
3	7,8	10,9	12,8	18,32
4	17	23,74	28	39,18
5	38,32	53,77	63,22	88,75
6	90,86	125	149,9	206,78

Теоретические значения, вычисленные по формуле (I) с достаточной точностью соответствуют экспериментальным.

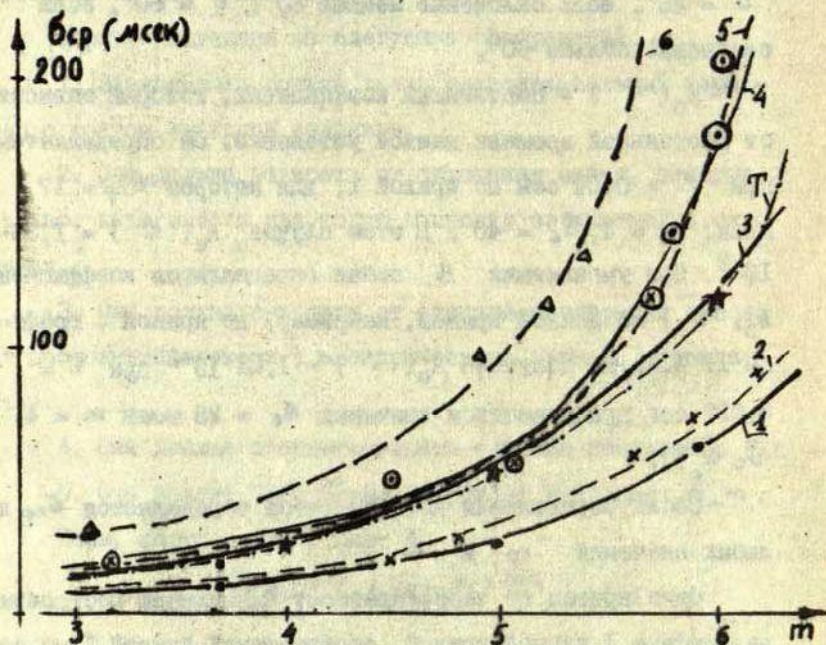


График I зависимости  $\bar{b}$  от  $m$ .

§2. Теория принципа построения методов регистрации моментов прохождения звезд на нескольких уровнях

Метод регистрации моментов прохождений звезд на нескольких уровнях в фотоэлектрической установке с учетом случайных выбросов — это метод, который определяет одновременно средние моменты прохождений звезд на двух или нескольких уровнях звездного сигнала. Причем средние моменты определяются сначала на каждом уровне от-

дельно, а потом они усредняются:

Пусть имеются:

1, 2, 3 . . . . j . . . . . k - числа уровней и  
 $t_{ср1}$ ,  $t_{ср2}$ , . . . .  $t_{срj}$  . . . .  $t_{срк}$  - средние моменты.

Из этого можно вывести формулу общего среднего момента ( $t_{ср. общ}$ ) в следующем виде:

$$t_{ср. общ} = \frac{t_{ср1} + t_{ср2} + \dots + t_{срj} + \dots + t_{срк}}{k} = \frac{\sum_{i=1}^k t_{срj}}{k}, \quad (2)$$

где  $t_{срj}$  определяется для каждого уровня по формуле К.А.Штейнса и М.П.Огриньша [10], т.е. средние моменты: на первом (раньше назывался нулевым) уровне

$$t_{ср1} = B + \frac{T_m}{2} \left( \frac{n}{2} - \frac{1}{2} \right) - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta t_i^{(1)}, \quad (1)$$

где B - некоторый отрезок времени от начала регистрации до первой метки ( на рис. 6 - от точки 1 до точки 2 ).

$T_m$  - период метки, n - число границ ( n = 12 ).

Средний момент на втором уровне:

$$t_{ср2} = B + \frac{T_m}{2} \left( \frac{n}{2} - \frac{1}{2} \right) - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta t_i^{(2)},$$

-----

на k-том уровне:

$$t_{срк} = B + \frac{T_m}{2} \left( \frac{n}{2} - \frac{1}{2} \right) - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta t_i^{(k)}.$$

Цифры, стоящие в скобках в верхнем правом углу формулы обозначают сумму выбросов на данном уровне.

Из этих формул видно, что средний момент на любом уровне отличается только интервалом  $\Delta t_i$ . Это облегчает техническое решение для построения фотоэлектрической установки на нескольких уровнях.

Рассмотрим конкретный пример для определения  $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta t_i^{(1)}$  на любом уровне. Предположим, что мы имеем (рис. 6) решетку, состоящую из 12 границ прозрачных и зеркальных целей и идеализированный сигнал, близкий к синусоидальной форме. Периоды метки и сигнала  $T_m$  и  $T_c$  известны. Фронт метки соответствует максимуму сигнала, и для упрощения предположим, что невязкой меткой с максимумом можно пренебречь. Шумы у сигнала отсутствуют.

Тогда на первом ( нулевом напряжении ) уровне :

$$\Delta t_1^{(1)} = \Delta t_2^{(1)} = \dots = \Delta t_n^{(1)} = \frac{1}{4} T_c ,$$

следовательно,

$$\frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} \Delta t_i^{(1)} = \frac{1}{4} T_c \quad \text{и средний момент}$$

$$t_{ср1} = B + \frac{1}{2} \left( \frac{n}{2} - \frac{1}{2} \right) T_m - \frac{1}{4} T_c .$$

На втором уровне первая четверть периода сократилась на  $\Delta'$ , а вторая расширилась на  $\Delta'$ , т.е.

$$\Delta t_1^{(2)} = \Delta t_1^{(1)} - \Delta' ,$$

$$\Delta t_2^{(2)} = \Delta t_2^{(1)} + \Delta' ,$$

$$\Delta t_3^{(2)} = \Delta t_3^{(1)} - \Delta' ,$$

$$\Delta t_4^{(2)} = \Delta t_4^{(1)} + \Delta' \quad \text{и т.д.}$$

тогда формула будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{aligned} \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} \Delta t_i^{(2)} &= \frac{1}{12} [ (\Delta t_1^{(1)} - \Delta') + (\Delta t_2^{(1)} + \Delta') + \\ &\quad + (\Delta t_3^{(1)} - \Delta') + (\Delta t_4^{(1)} + \Delta') + \dots ] = \\ &= \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} \Delta t_i^{(1)} = \frac{1}{4} T_c . \end{aligned} \quad (4)$$

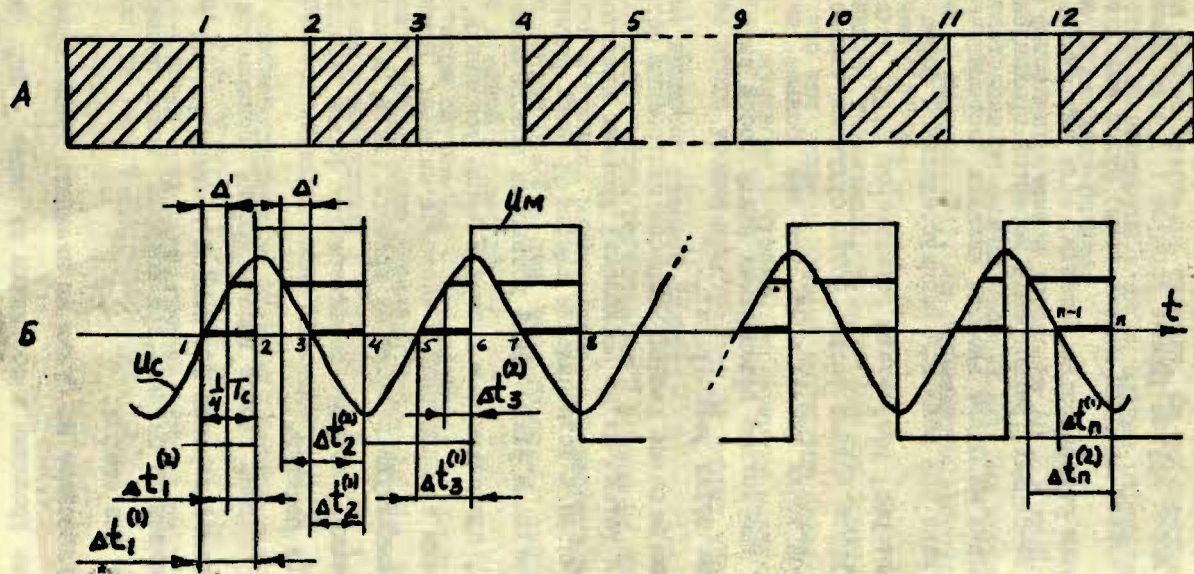


Рис. 6. Принцип регистрации на двух уровнях

Формула ( 4 ) согласуется с формулой ( 3 ). Значит, на любом другом уровне формула ( 3 ) не изменится. Следовательно, средний момент точно будет находиться в одной точке относительно решетки, если нет шумов. Это значит, во-первых, регистрация моментов прохождений на любом уровне не будет вносить никаких систематических ошибок, даже при реальной несинусоидальной форме сигнала.

Во-вторых, результаты регистрации будут отличаться друг от друга только тогда, когда будут случайные выбросы. С этой точки зрения ясно, что чем больше число уровней, тем больше независимых между собой измерений и тем точнее будет регистрация.

Одним из самых важных вопросов построения фотоэлектрической установки на нескольких уровнях является определение числа и установление высоты уровней регистрации.

Нормальный режим такой установки обеспечивается, в основном, правильностью выбора и числа уравнений, которые связаны с амплитудой и частотой сигнала. Известно, что его амплитуда зависит от яркости звезд, а частота — от склонений, которые характеризуют формы сигналов для конкретной решетки.

Под словами "выбор высоты уровня" понимается определение самой верхней или нижней границы уровня относительно максимума сигнала, при котором можно провести регистрацию без ошибок.

В дальнейшем мы будем их называть предельными или граничными уровнями и обозначим их через  $\pm$  Игр. Верхний граничащий уровень определяется амплитудой шумов, нахо-

дящихся около максимума сигнала. Он выбирается так, чтобы со стороны максимума в любом случае отрицательные шумы не пересекали бы Игр.

В фотоэлектрической установке АО ЛГУ им. П. Стучки для регистрации на многих уровнях Игр был выбран на  $0,6 I_m$  ( см. рис. 7 ). Мы рекомендуем выбрать его не выше, чем  $0,65 I_m$  .

Нижний, граничащий, т.е. второй или третий уровень - это тот уровень, который находится ближе всего к первому ( нулевому ) уровню. Эксперимент показал, что близость этого уровня к основному не вносит никаких ошибок и не приносит никакой пользы.

Для того, чтобы регистрация II уровня не повторяла показания I уровня, рекомендуется его выбрать на расстоянии не меньше  $0,5 b_{cp}$  или, если говорим о напряжении, то выше шумовой амплитуды.

В таком случае  $b_{cp}$  - определяется по формуле (I). Из условия предельного значения  $I_{гр} = 0,6 I_m$  в случае синусоидального сигнала (  $0,6 I_m = I_m \sin \varphi$  ) можно найти соответствующий этому значению угол  $\varphi$  и потом время, соответствующее от  $0^0$  до  $\varphi$  , относительно сигнала  $T_c$ , т.е.  $\varphi \approx 52^0$ ;  $t_n = 0,15 T_c$  , где  $t_n$  - время продолжительности сигнала от  $0^0$  в до Игр ( см. на рис. 7 ).

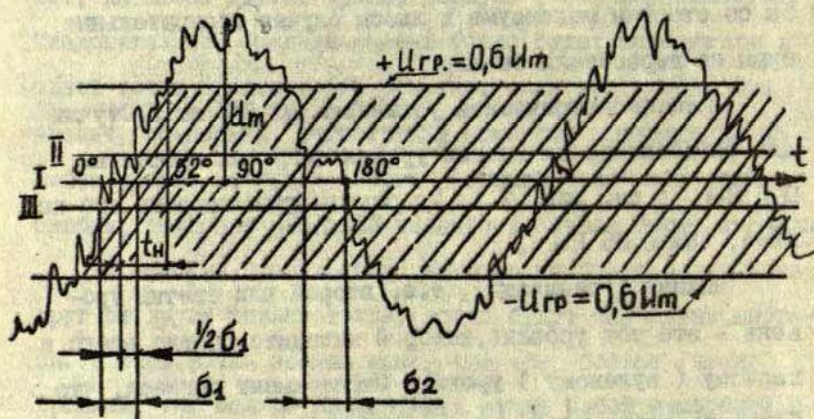


Рис. 7. Область работы на нескольких уровнях

Область работы при регистрации на нескольких уровнях показана на рисунке 7 между  $\pm$  Игр. Теперь легко определить максимальное число ( $K$ ) уровней, на которых можно провести независимые друг от друга регистрации по формуле:

$$K = \frac{2t_n}{b_{ср}} = \frac{2 \cdot 0,15 T_c}{b_{ср}} = \frac{0,3 T_c (m+1)}{(T_{макс} - T) A_0(\tau)} e^{-(m + \frac{\delta_c}{60^\circ})}, \quad (5)$$

где  $T_c$  - период сигнала, определяемый формулой

$$T_c = T_0 \sec \delta = 2,86 \text{ сек} \delta.$$

Из формулы (5) видно, что максимальное число уровней будет тем больше, чем медленнее движется яркая звезда. Численное значение, определенное по формуле (5) для слабых, ярких, медленных и быстрых звезд указано в таблице 3.

Таблица 3

№ пп	Номер звезды по КСВ	$m$	$\delta$	Период сигнала $T_c$	Средняя $\bar{b}_{ср}$ на одном пересечении в мсек	Максимальное число уровней от +Игр до -Игр	Макс. число на одном полупериоде
1.	443	2,3	$27^{\circ}$	3,2 сек	19	50	25
2.	434	6,0	$19^{\circ}$	3,0 сек	95	10	5
3.	433	6,3	$50^{\circ}$	4,45сек	131	10	5
4.	503	4,9	$69^{\circ}$	7,9 сек	66	35	17
5.	438	3,1	$72^{\circ}$	8,58сек	12	214	107

Из таблицы 3 видно, что число уровней зависит от яркости и склонения, следовательно, от амплитуды и  $t_n$ .

Нас интересует число уровней для самых слабых звезд, которое можно применять для любых звезд. Как видно из таблицы, оно не должно быть больше пяти на одном полупериоде сигнала. Исходя из таких соображений будем искать оптимальное число рабочих уровней. В этом случае большую роль играет определение амплитуд слабых и ярких звезд.

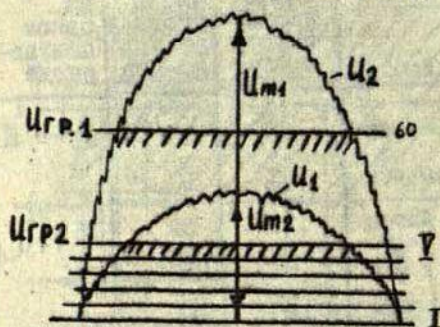
Численное значение амплитуды сигнала конкретной звезды определяется чувствительностью фотумножителя и коэффициентом усиления.

Измерение амплитуды производилось на выходе усилителя фотумножителей установки АО ЛПУ при малом усилении. Это было необходимо, потому что правильность измерения достигается тогда, когда усилитель работает на линейных участках без ограничения.

Нас интересовало отношение амплитуд самых слабых и

ярких звезд, которое соответствовало примерно 20 при  $m_1 = 2,3$  и  $m_2 = 6,3$ , т.е.  $U_{m_1} \approx 20 U_{m_2}$

Это усложняет режим работы при многих уровнях.



На рис. 8 изображены сигналы от слабых ( $I_1$ ) и ярких ( $I_2$ ) звезд с соответствующими уровнями, обозначаемыми от I до 60.

Рис. 8. Распределение уровней на разных сигналах

Из рисунка видно, что для этих сигналов можно работать только на нижних пяти уровнях. Если уровней выбрано больше пяти, то регистрация будет только на ярких звездах. Следовательно, возникает конкретный вопрос, как надо работать? В этом случае предлагаются следующие варианты:

1. Можно спокойно работать ниже  $I_{гр}$ , но при этом для ярких звезд выигрыша не будет. Поэтому необходимо создать устройство с автоматическим подбором уровней в зависимости от амплитуды сигнала.

2. Можно работать с автоматическим изменяемым коэффициентом усиления усилителя, чтобы все сигналы были с одинаковыми амплитудами.

### §3. Общий принцип работы фотоэлектрической установки на несколь- ких уровнях

Установка выполняет функцию, выраженную формулой ( 2 ). На рисунке 9 показана блок-схема установки на нескольких уровнях. Она подразделяется на три части. Основная - это фотоэлектрическая установка, работающая с учетом случайных выбросов. Индивидуальная часть состоит из  $K$  числа отдельных блоков для многоуровневой регистрации прохождений звезд. Групповая часть - к которой относятся сумматоры "Собц" и "С", усилитель "Добц" и реверсивный счетчик "Сч" ( рис. 9 ). Последние две части специально сделаны для многоуровневой установки с некоторыми изменениями в основной установке. На нижнем ( I ) прямоугольнике рисунка 9 иллюстрирована основная часть фотоэлектрической установки АО ЛУ. Уровень, на котором работает эта установка, считается первым уровнем при регистрации на многих уровнях.

Установка с учетом случайных выбросов при регистрации на нескольких уровнях является базисной. Она дает на другие уровни следующие напряжения: 1. сигнал от звезды, 2 - счетные импульсы 1 кгц, 3 и 4 - напряжения метки, 5 - начало регистрации и 6 -  $\Delta t_c$  импульсы, соответствующие от середины метки до ближайшей полной секунды, с помощью которых определяется середина меток по шкале кварцевых часов.

В каждом блоке уровней регистрации имеются пороговое устройство ПУ, электронный коммутатор ЭК, моновибра-

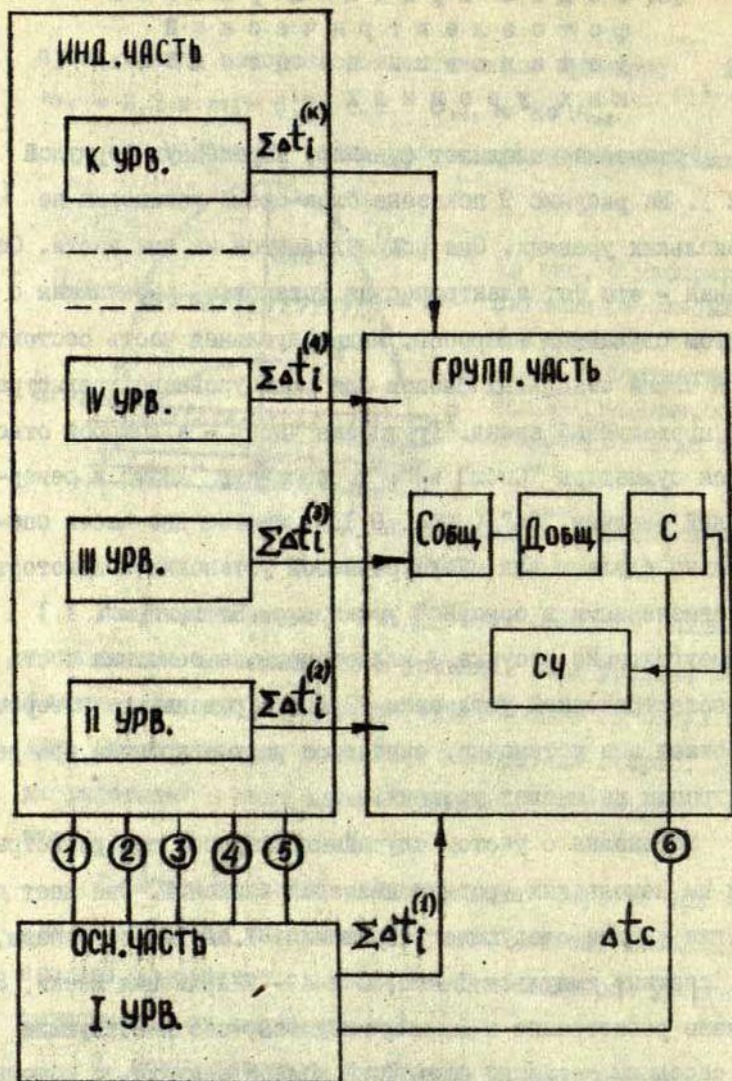


Рис. 9. Блок-схема СУ на многих уровнях

тор МВ для сдвига импульсов.

А также у всех блоков, кроме I, имеется установка уровня УУ, с помощью которой устанавливается пороговое напряжение у пороговых устройств на конкретном уровне.

По существу УУ может осуществляться как автоматически, так и вручную при необходимости переменного уровня.

Принцип работы основной установки известен из работ [10], поэтому мы не излагаем его. Рассмотрим только некоторые вопросы построения установки на нескольких уровнях.

Напряжение от звезды поступает на вход всех пороговых устройств каждого уровня. Каждое ПУ работает на своем пороге, т.е. ПУ первого уровня работает на нулевом напряжении, ПУ второго уровня - на  $\Delta$  Ипр, ПУ третьего уровня - на  $2 \Delta$  Ипр и так далее. ПУ  $k$ -того уровня работает на  $(k-1) \Delta$  Ипр, где  $\Delta$  Ипр - минимальная разность напряжения между соседними уровнями. Эта разность определяется в области работы при максимальном числе уровней по формуле:

$$\Delta \text{ Ипр} = \frac{0,6 \text{ Им}}{K}, \text{ где } K - \text{число уровней.}$$

В дальнейшем называем ее минимальной разностью порогового напряжения.

Необходимые интервалы времени ( см.рис.6 ) измеряются отдельно на каждом уровне счетными импульсами. Эти импульсы должны быть сдвинуты на разные интервалы времени, чтобы на сумматоре групповой части не совпали друг с другом.

Сумма сдвигов всех уровней в первом приближении не должна превышать одной миллисекунды. В общем случае время сдвига счетных импульсов между соседними уровнями (обозначим его через  $\Delta t'$ ) может быть определено из следующих соображений: допустим, что счетные импульсы имеют вид рис. 10, в котором обозначены через  $t_u$  - длительность счетного импульса на уровне 0, I от его максимума и расстояние между импульсами  $t_n$  - время пауз. Тогда спрашивается: сколько можно уместить между ними (т.е. на  $t_n$ ) задержанных на минимальный промежуток времени импульсов, если известны длительность импульсов  $t_u$  и минимальное расстояние между ними,  $t_n$  мин.  $t_n$  мин. определяется быстродействием счетчика.

Ответ можно дать, если рассмотреть следующую формулу:

$$\frac{t_n}{t_n + t_u} = d; \quad \text{ясно, что } d \text{ определяет}$$

допустимое число задержанных импульсов. Следовательно,

если  $d \geq K$ , то можно найти по формуле:

$\Delta t' = \frac{T_{сч}}{K}$ , где  $T_{сч}$  - период счетных импульсов. У нас  $T_{сч} = 1 \text{ мсек.}$

Наконец, необходимый сдвиг ( $\tau_j$ ) импульсов для любого уровня определяется формулой:

$$\tau_j = (j-1) \Delta t', \quad \text{где } j \text{ - порядок уровня.}$$

Например, если мы имеем 5 уровней, то  $\Delta t' = 0,2$  мсек. Задержанные импульсы распределяются следующим образом.

Счетные импульсы, поступающие с I уровня, не сдвинуты (рис. II), а импульсы ( $\Delta t_c$ ) от средней метки до следующей полной секунды сдвинуты на 0,5 мсек. Импульсы со II

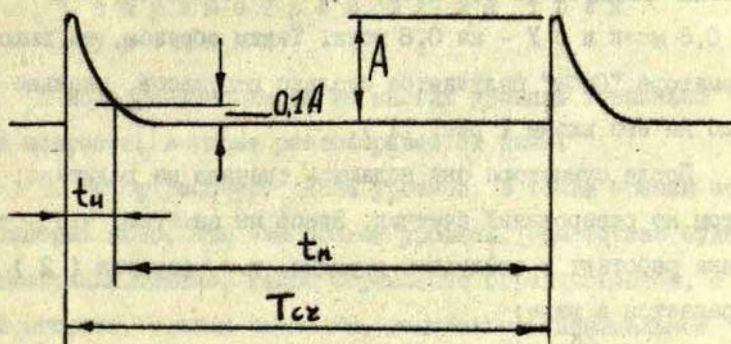


Рис. 10 Счетные импульсы

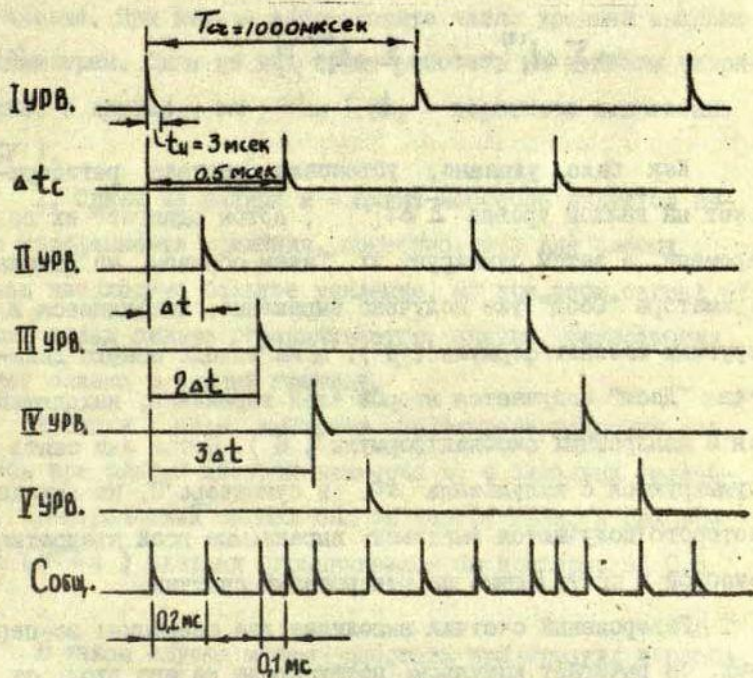


Рис. 11 Импульсы на сумматоре

уровня сдвинуть на 0,2 мсек, с Ш - на 0,4 мсек, с IV - на 0,6 мсек и с V - на 0,8 мсек. Таким образом, на выходе сумматора "Собц" получается столько импульсов, сколько было на его входе ( рис. II ).

После сумматора они подаются сначала на делитель, а потом на реверсивный счетчик. Здесь мы заметим, что установка работает в следующем порядке, т.е. формула ( 2 ) выражается в виде:

$$t_{\text{ср.общ.}} = \frac{\sum_{i=1}^K t_{\text{ср}i}}{K} = N - \left[ \Delta t_c + \frac{1}{12} \frac{1}{K} \left( \sum \Delta t_i^{(1)} + \sum \Delta t_i^{(2)} + \dots + \sum \Delta t_i^{(K)} \right) \right], \quad (6)$$

Как было указано, установка сначала регистрирует на каждом уровне  $\sum \Delta t_i^{(i)}$ , потом сдвигает их по времени, а затем суммирует их. Таким образом, на выходе сумматора "Собц" уже получено выражение, находящееся в круглых скобках формулы ( 6 ). а на выходе общего делителя "Добц" получается второй член выражения, находящийся в квадратных скобках формулы ( 6 ). Потом они опять суммируются с импульсами  $\Delta t_c$  в сумматоре С, на выходе которого получают импульсы, выражаемые всей квадратной скобкой и поступающие на реверсивный счетчик.

Реверсивный счетчик выполняет две операции: во-первых, он вычитает импульсы, поступающие на его вход, от целой секунды  $N$  ( от 1000 мсек ), во-вторых, учитывает результаты ( $t_{\text{ср.общ.}}$ ), которые подаются на цифropечатающее устройство.

#### §4. Некоторые вопросы выбора параметров ФУ на трех уровнях

В ходе реализации ФУ на многих уровнях возникает ряд вопросов, которые рассматриваются ниже:

1. Выбор рабочего числа уровней. С точки зрения астрометрии ясно, что чем больше уровней, тем точнее будет регистрация. Однако, такое стремление ограничивается, с одной стороны, слабым сигналом, допускающим минимальное число уровней, с другой стороны - сложностью конструкции установки. При первом эксперименте число уровней выбрано равным трем. Один из них будет работать на нулевом напряжении, а другие - на  $\pm I_{пр}$  ( $I_{пр}$  - пороговое напряжение у ПУ).

2. Одним из важных и сложных вопросов является выбор коэффициента усиления. Известно, что для слабых звезд необходимо большое усиление, но при этом сигнал от ярких звезд сильно ограничивается, значит, регистрация будет близка к нижней границе.

В связи с этим, выбираем коэффициент усиления так, чтобы при слабых звездах примерно до 4 звездной величины, электрический сигнал был бы неограничен, а при ярких ( $m < 4$ ) звездах ограничивался бы примерно на 0,5  $I_m$ .

В таком случае можем работать при средних и слабых звездах с автоматическим выбором уровней в зависимости от амплитуды. Другим подходом к этому вопросу является создание усилителя с переменным коэффициентом усиления.

Эксперимент производился с переменным коэффициентом

том усиления, меняемым от руки.

3. Пороговое напряжение ПУ определяется по максимумам ( $I_m$ ) сигнала.  $I_m$  при ярких звездах сильно ограничено. Поэтому пороговое напряжение можно выбрать примерно равным  $0,8 + 0,9 I_k$ , так как шумы сверху ограничены.  $I_k$  - постоянно, следовательно, уровень будет постоянным для ярких звезд. Для слабых звезд пороговые напряжения выбираются равным  $\pm 0,6 I_m$ . Это уже рассмотрено.

4. Выбираем время задержки счетных импульсов для трех уровней.

I) Задержка счетных импульсов на втором уровне

$$\tau_2 = (j-1) \frac{T_{сз}}{K} = (2-1) \frac{1}{3} \approx 0,33 \text{ мсек.}$$

II) На третьем уровне

$$\tau_3 = (j-1) \frac{T_{сз}}{K} = (3-1) \frac{1}{3} \approx 0,67 \text{ мсек.}$$

Основной принцип работы фотоэлектрической установки ( $\Phi V$ ) на трех уровнях не отличается от схемы рисунка 9. Однако для решения конкретных вопросов мы пытались найти наиболее рациональные способы.

I. Пороговые устройства на II и III уровнях должны работать на  $\pm I_{пр}$ . ПУ, выполненное на интегральной схеме типа К1ТШ191А, питается от  $+ I_k$ . Следовательно, его пороговое напряжение только положительное. А на отрицательном полупериоде сигнала (рис. 12а) на III уровне, отмеченном цифрой 3, ПУ в той же схеме на " $- I_{пр}$ " не может работать. Для того, чтобы ПУ работал на " $- I_{пр}$ ", на его вход подан сигнал, повернутый на  $180^\circ$  (рис. 12б).

В этом случае порог срабатывания тоже на  $+I_{пр}$ , но оно на III уровне. Полярность метки  $U_m$  должна быть тоже противофазная (рис. 12б). Для получения противофазного сигнала применяется фазоинвертор с коэффициентом усиления I или его можно брать со входа последнего усилителя.

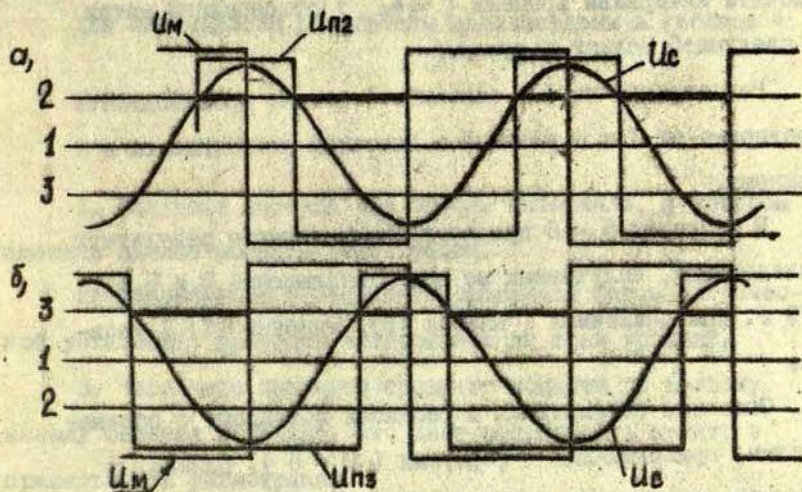


Рис. 12. Выбор  $I_{пр}$ , где  $I_{п2}$ ,  $I_{п3}$  напряжения на входе ПУ2 и ПУ3.

Таким образом, без существенных изменений обеспечиваются условия для регистрации на трех уровнях. Кроме того, такой метод дает возможность применять один автомат на двух уровнях.

#### §5. Эксперимент с ФУ на трех уровнях с автоматическим подбором уровня

Для того, чтобы сравнить результаты регистрации на I; II и III уровнях, эксперимент производился на каждом уровне отдельно. При этом использовались электронные

счетчики типа Ф5007 и 43-33, Один из них подключался к выходу электронного коммутатора II или III уровня. На нем подсчитывалась сумма всех интервалов ( $\sum \Delta t_i$ ) на данном уровне. Второй счетчик при этом подключался к выходу второй схемы И-Не основной части установки, для подсчета интервала времени ( $\Delta t_c$ ) от середины метки до следующей полной секунды.

Регистрация на I (основном) уровне производилась независимо от II и III уровней в основной установке по -  
прежнему.

В таблицах 5 - 6 представлены некоторые результаты исследований, полученных во время наблюдений 2 и 5,VI. 1979 г. при различных (низких (5), высоких (6)) уровнях.

Основные обозначения в таблицах совпадают с обозначениями, примененными в формулах (2 + 6). Однако, в таблицах встречается у некоторых звезд обозначение "С". Это означает, что эта звезда наблюдалась через сетку. Это сделано специально с целью, чтобы тщательно изучить регистрацию слабых звезд.

Сделаем некоторый анализ по экспериментальным данным:

1. Из таблиц видно, что при слабых звездах разность моментов прохождений между двумя уровнями увеличивается.

2. Обнаружена сравнительно большая разность при ярких звездах.

3. Обнаружено возрастание разностей регистрации на двух уровнях, симметричных относительно нуля.

4. По значениям общего среднего момента из двух

уровней (  $t_{\text{сробщ}}$  ) и среднего момента на первом уровне (  $t_{\text{ср}}^{\text{в}}$  ) вычислены поправки часов (  $I_I$  - поправка по первому уровню,  $I_{I,2}$  и  $I_{I,3}$  - поправки по I, II и III уровням ) на ЭВМ.

Для наглядности результаты представлены в таблице 4.

### В ы в о д ы .

1. Получена формула для оценки интервала, в котором имеются ложные моменты регистрации.

2. Разработана теория многоуровневой фотоэлектрической установки, проведен эксперимент на трех уровнях.

3. Численное значение среднего момента по каждому каналу берется отдельно, что дает возможность судить о правильности регистрации.

4. Эксперимент показывает, что определение среднего момента прохождения на трех уровнях повышает точность регистрации на 50 процентов по сравнению с одноуровневой регистрацией, при которой точность регистрации достигает нескольких миллисекунд.

Таблица 4

Дата наблюдений	на I уровне				на II уровне				на III уровне				Разность (мсек)
	Пн	Пв	$I_1$ в мсек	Ошибка в мсек	Пн	Пв	$I_{1,2}$ в мсек	Ошибка в мсек	Пн	Пв	$I_{1,3}$ в мсек	Ошибка в мсек	
2/VI	31	29	0,1529	$\pm 0,0041$	-	-	-	-	30	28	0,1519	$\pm 0,0035$	-0,0010
5/VI	27	27	0,1616	$\pm 0,0037$	-	-	-	-	26	26	0,1550	$\pm 0,0037$	-0,0066
10/VI	36	36	0,1455	$\pm 0,0026$	36	36	0,1476	$\pm 0,0025$	-	-	-	-	+0,0021
11/VI	24	22	0,1389	$\pm 0,0040$	23	22	0,1294	$\pm 0,0043$	-	-	-	-	-0,0095

где Пн - число от наблюдаемых звезд

Пв - число использованных для определения средних моментов звезд на ЭМ.

○

Экспериментальные данные, полученные  
на I - III том уровнях.

Таблица 5

№ II/III	Номер звезды по КСВ	Величина звезды - m	$\delta$ (град.)	$\Delta t_c$ (мсек.)	$\Sigma \Delta t_c^{(i)}$ (мсек.)	$t_{cp}^{(i)}$ (мсек.)	$t_{cp}^{(ii)}$ (мсек.)	$t_{cp}^{(ii)} - t_{cp}^{(i)}$	$\frac{1}{2} (t_{cp}^{(ii)} + t_{cp}^{(i)})$	$t$ ср. обш. (мсек.)
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II
1.	443	2,3	27	990	I0510	I34	I36	-02	I35	
				949	II28I	III	II0	-0I	II0	122
2.	445	6,0	55	421	I3I73	48I	659	-78	570	
				222	I3660	640	557	+83	598	584
3.	448	5,5	52	767	I3869	77	078	-0I	78	
				777	I3I89	I24	II3	+II	II8	098
4.	450	5,2	63	409	I8398	58	46	+I2	52	
				522	I8I09	969	967	-02	968	510
5.	I075	3,8	05	645	I0323	495	489	+06	492	
				059	I03I7	8I	84	+03	82	287
6.	453	5,5	43	772	I27I3	I69	I22	+47	I45	
				4I2	I0680	689	689	000	689	4I7
7.	455	5,0	55	083	I726I	479	470	-09	474	
				546	I7552	992	97I	-I9	98I	728
8.	457	4,1	59	20I	I7383	35I	348	-03	350	
				396	I7296	I63	367	+204	265	308
9.	459	4,3	45	766	I3909	075	079	+04	077	
				39I	I350I	484	498	-I4	49I	284
10.	460	5,6	I7	434	08294	875	944	-69	9I0	
				387	07579	98I	975	+06	975	944
II.	463	5,6	60	954	I9670	405	396	+I0	400	
				689	I92I8	709	709	000	709	555

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12.	465	4,7	31	872 941	10138 09975	283 236	272 226	+11 +10	278 231	
13.	469	5,0	67	025 273	23930 22879	981 820	948 827	+33 -07	964 830	897
14.	470	5,8	61	041 020	15577 14645	661 720	588 749	+73 +11	624 754	689
15.	473	5,6	53	533 771	14788 13592	210 096	188 075	+22 +21	199 085	142
16.	475	5,7	04	593 542	09348 08411	628 757	625 714	+3 +43	626 735	682
17.	479	3,6	39	509 12	10744 11881	596 006	587 004	+09 +02	591 005	298
18.	480	4,9	57	872 296	17070 15791	706 396	699 890	+07 +06	702 393	548
19.	481	4,9	46	7 456	14057 13887	818 411	810 410	+08 +01	814 410	612
20.	484	4,3	10	845 456	08202 09024	472 792	467 790	+05 +02	469 791	630
21.	486	3,9	31	994 222	11622 11671	037 814	041 815	-04 -01	040 815	428
22.	488	4,9	12	624 418	09626 09859	574 760	582 763	-12 -03	580 762	671
23.	493	3,4	20	622 62	09593 09257	539 167	526 188	+13 -21	533 198	366
24.	487	5,8	46	720 438	12188 16120	265 219	203 219	+62 000	234 219	227
25.	498	4,5	37	511 491	11999 12727	480 449	475 436	+05 +13	477 442	460
26.	1086	5,2	00	61 211	08867 09133	200 028	178 006	+22 +22	189 017	103

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II
27.	50I	2,1	13	927 395	I34I3 I2828	955 586	950 556	+05 +30c	952 57I	762
28.	504	3,8 <sup>2</sup>	46	532 I02	I5284 II870	I95 909	I82 9I6	+I3 -07	I88 9I2	550
29.	506	2,9	05	75 467	08738 08906	097 79I	094 685	+03c +I06c	095 738	4I7
30.	5I2	3,9	57	340 3I8	I6803 I7847	260 I95	252 207	+08 -I2	254 20I	228

Экспериментальные данные, полученные на I и II уровнях.

Таблица 6

N:	Номер звезды по КСВ	$m$	$\delta$ (град.)	$\Delta t_c$ (мсек.)	$\Sigma \Delta t_c^{(2)}$ (мсек.)	$t_{top}^{(1)}$ (мсек.)	$t_{top}^{(2)}$ (мсек.)	$t_{top}^{(2)} - t_{top}^{(1)}$	$\frac{1}{2}(t_{top}^{(1)} + t_{top}^{(2)})$	$t$ ср. общ. (мсек.)
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II
1.	475	5,7	4	838 092	09729 09426	35I I23	347 II5	+04 +08	349 II9	234
2.	479	3,6	39	0I4 683	09702 0276I	I78 504	I74 498	+04 +06	I76 50I	339
3.	480	4,9	57	634 573	I650I I4953	99I I8I	004 I63	-I3 +I8	997 I72	585
4.	48I	4,9	46	567 274	II945 I0299	438 868	432 874	+06 -06	435 87I	653
5.	484	4,3	IO	055 I000	08337 08743	250 272	254 267	-04 +05	252 269	26I
6.	486	3,9	3I	5II 765	092I4 09243	62I 465	620 432	+0Ic +33c	620 449	535

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II
7.	488	4,9	12	825 879	10131 09952	331 292	338 281	-07 +11	334 287	311
8.	490	3,2	66	107 079	19473 16555	270 542	203 537	+67c +05c	237 541	389
9.	492	5,5	63	290 795	19868 20376	054 507	054 521	00 -14	54 514	284
10.	497	5,8	46	454 878	12884 11194	472 189	463 190	+09 -01	468 190	329
11.	1806	5,2	0	858 174	09340 09306	364 051	352 045	+06 +06	361 048	205
12.	501	2,1	13	057 235	12233 12154	924 752	927 746	-03c +06c	926 749	838
13.	504	3,8	46	696 364	11396 11336	354 691	359 746	+49c -55c	320 719	525
14.	506	2,9	05	152 447	08462 08040	143 883	121 871	+22c +12c	132 877	505
15.	509	3,7	03	51 286	08915 09282	206 940	170 889	+36c +51c	188 914	551
16.	512	3,9	57	636 253	15131 15858	103 426	047 372	+55c +54c	075 399	237
17.	513	2,4	51	275 210	12741 12577	662 742	620 744	+42c -02c	641 743	692
18.	514	4,7	17	753 907	07578 08576	616 378	602 369	+14 +08	609 373	491
19.	518	5,1	43	444 926	11106 10984	631 159	629 155	+02 +04	630 157	394
20.	520	5,9	54	745 130	16434 14954	886 624	879 599	+07 +25	883 612	748
21.	522	5	64	777 053	18859 18452	642 409	645 412	-03 -03	643 411	527

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II
22	526	5	66	964	22153	190	171	+19	179	129
				068	22276	076	080	-04	078	

Примечания:

1. с - звезда наблюдалась с сеткой для ослабления яркости, примерно на 2 звездные величины.
2. Для каждой звезды в первой строке написано значение до перекладки, а на второй строке - значение после перекладки.

Л и т е р а т у р а

1. Павлов Н.Н. Фотоэлектрическая регистрация звездных прохождений.-Труды ГАО, 1946, сер. II, т. 54.
2. Штейнс К.А., Огриньш М.П. Устройство и метод регистрации моментов прохождений звезд с учетом выбросов. - Уч. зап. ЛГУ им. П. Стучки, 1971, т. 148, с. 3 - 10.
3. Брандт В.Э. Фотоэлектрическая установка для регистрации прохождения звезд. - Труды ЦНИИГА и К, 1956, № 112.
4. Брандт В.Э. Фазовая фотоэлектрическая установка для регистрации моментов прохождения звезд. - Астрон. в., 1969, т. 45, № 3.
5. Штейнс К.А. Формула для определения дисперсии моментов прохождения звезд в зависимости от их дрожания. - Уч. зап. ЛГУ им. П. Стучки, 1971, т. 148, с. 29 - 39.
6. Егоров А.Д., Чураева Л.И. Интегральная фотоэлектрическая установка. - Вестник Харьковского университета, 1977, № 160.

7. Егоров А.Д. Диссертация. Интегральный метод регистрации звездных прохождений на пассажном инструменте, 1979.
8. Ойдов Д. Влияние случайных выбросов при регистрации моментов прохождений звезд.-Труды Института физики и техники АН МНР. Улан-Батор, 1977, № 16.
9. Огриньш М.П. Устройство для непосредственной регистрации средних моментов прохождений звезд с выдачей результата на цифropечатающее устройство. -Учен.зап. ЛГУ им.П.Стучки, 1975, т. 220, с. 80 - 90.
10. Огриньш М.П. Устройство для определения среднего момента прохождения звезд.-Учен.зап. ЛГУ им.П.Стучки, 1972, т. 169, с. 3 - 17.
11. Сохарич Н. Фотоэлектрическая установка для регистрации моментов прохождения звезд в Загребе.-Материалы международного совещания по фотоэлектрической регистрации моментов прохождения звезд. М., 1976.

### Р е з ю м е

О.Дан - Аа

#### Регистрация моментов прохождения звезд на нескольких уровнях

В настоящей статье рассмотрены вопросы исследования случайных выбросов, возникающих при фотоэлектрической регистрации средних моментов прохождения звезд, теория построения фотоэлектрической установки, работающей на нескольких уровнях с учетом случайных выбросов.

Эксперимент показывает, что определение среднего момента прохождения звезд на многих уровнях повышает точность регистрации на 50 процентов по сравнению с одноуров-

невой регистрацией, при которой точность регистрации достигает нескольких миллисекунд.

K o r s a v i l k u m s

Oidov Dan-Aa

ZVAIGŽŅU TRANZĪTMOMENTU REĢISTRĒŠANA DAŽĀDOS LĪMEŅOS

Rakstā apskatīti gadījuma izsitienū, kas rodas, fotoelektriski registrējot vidējos zvaigžņu tranzītmomentus, pētījumi, kā arī apskatīta fotoelektriskās iekārtas, kas strādā vairākos līmeņos, ievērojot gadījuma izsitienus un automātiski izvēloties registrācijas līmeni, izveides teorija. Eksperiments ir parādījis, ka vidējā tranzītmomenta noteikšana daudzos līmeņos paaugstina registrācijas precizitāti par 50 procentiem, salīdzinot ar registrāciju vienā līmenī, kur registrācijas precizitāte ir dažas milisekundes.

S u m m a r y

Oidov Dan-Aa

REGISTRATION OF STAR TRANSIT MOMENTS ON SEVERAL LEVELS

The present article deals with the study of occasional noises, appearing in the photoelectric registration of average moments of star transits and with the theory of construction of the photoelectric device operating on several levels with automatic selection of registration level with the account of accidental noises. The experiment shows that the determination on the average moment of star transits on three levels raises the precision of registration by 50 per cent over the precision of the single level registration which typically is few milliseconds.

ЛАТВИЙСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. П. СТУЧКИ

АВТОМАТИЧЕСКАЯ РЕГИСТРАЦИЯ МОМЕНТОВ

ПРОХОЖДЕНИЯ ЗВЕЗД АСТРОНОМИЯ, 1980

УДК 522.98

К. А. Штейнс,

Э. Я. Каупуш,

А. В. Иванов

АО ЛУ им. П. Стучки

### ОШИБКА ЯРКОСТИ В АСТРОНОМИЧЕСКИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯХ ВРЕМЕНИ ЛУ ИМ. П. СТУЧКИ

В Астрономической обсерватории Латвийского государственного университета им. П. Стучки для регистрации средних моментов прохождения звезд при наблюдениях точного времени фотоэлектрическим пассажным инструментом АПМ-10 используется устройство, построенное по принципу счета случайных выбросов [1]. Усилителем для данного пассажного инструмента до августа 1974 года служил усилитель с двумя независимыми электрометрическими контурами [2], для которого была разработана и проверена соответствующая теория [4]. С августа 1974 года обсерватория пользуется усилителем, изготовленным на полупроводниках [3], но для него соответствующая теория не была разработана. Нами исследовались астрономические определения поправок часов  $u_{cp}$  и  $u$ , полученные как при помощи одного, так и другого усилителя при регистрации средних моментов прохождения звезд по методу учета выбросов в обоих случаях одним и тем же устройством, причем  $u_{cp}$  — это средняя поправка часов за вечер, а  $u$  — это поправка часов, определенная по каждой наблюдаемой звезде. Все звезды списка, используемого в астрономических определениях точного времени обсерваторией, в зависимости от их звездной величины  $m$  разделены на две группы. В первой группе — яркие звезды списка со звездной величиной  $m$  до  $4^m.5$ , во второй — остальные звезды списка, т.е. с  $m$  от  $4^m.5$  до  $6^m.0$ . Обозначая осредненные значения  $u_{cp}$  и  $u$  для всех значений склонений звезд первой группы

через  $p$ , а для тех же значений второй группы - через  $\tau$ , оказалось, что для усилителя с двумя независимыми электрометрическими контурами, разность  $\tau - p = 0,0003$  (на основе наблюдений 530 звезд), а для усилителя на полупроводниках на том же регистрирующем устройстве соответствующая разность  $\tau' - p' = 0,0096$  (на основе наблюдений прохождения 300 звезд). Наличие разности значений  $\tau' - p'$  и  $\tau - p$  указывает на существование т.н. уравнения яркости при наблюдениях с усилителем, изготовленным на полупроводниках. В настоящей статье мы пытались выяснить возможности устранить влияние наличия уравнения яркости введением соответствующей поправки в наблюдаемых величинах прохождения звезд. Для этой цели мы ввели поправки к наблюдаемым моментам прохождения звезд  $[\alpha(\kappa) - T(\kappa)]_c$ , где  $\alpha(\kappa)$  - прямое восхождение  $\kappa$ -той звезды,  $T(\kappa)$  - наблюдаемый момент прохождения  $\kappa$ -той звезды через меридиан, индекс  $c$  означает, что на разность  $\alpha(\kappa) - T(\kappa)$  влияет наличие уравнения яркости, индекс  $n$  означает, что разность  $\alpha(\kappa) - T(\kappa)$  исправлена за влияние уравнения яркости введя эмпирическую поправку (I):

$$[\alpha(\kappa) - T(\kappa)]_n = [\alpha(\kappa) - T(\kappa)]_c - \ell [m(\kappa) - \delta, 0], \quad (1)$$

где  $m(\kappa)$  - звездная величина  $\kappa$ -той звезды,  $\ell$  - некоторый численный коэффициент. Эмпирическая поправка подобрана с таким расчетом коэффициента  $\ell$ , чтобы средняя квадратическая ошибка наблюдаемой средней поправки часов  $U_n$  за вечер  $U_n$  была меньше или почти такой же, как средняя квадратическая ошибка  $\Delta U_c$  наблюдаемой поправки часов  $U_c$  за вечер без учета эмпирической поправки за уравнение яркости. Пользуясь результатами астрономических определений поправок часов за 1978 год, полученных наблюдателями Астрономической обсерватории, с усилителем, изготовленным на полупроводниках и устройством определения среднего момента прохождения звезд, построенным по принципу счета случайных выбросов, учитывая соотношение (I) и используя программу на ЭВМ для обработки астрономических определений времени [5], получены результаты, которые помещены в таблице.

Таблица

№ п.п.	Дата наблюд. 1978 г.	$\Delta U_H$	$\Delta U_C$	$U_H$	$U_C$	$\Delta = U_H - U_C$
I	2 I	$\pm 0^s,0047$	$\pm 0^s,0048$	$-0^s,2795$	$-0^s,2947$	$+0^s,0152$
2	19 I	0,0070	0,0061	0,6723	0,6679	0,0044
3	3 II	0,0039	0,0034	0,6209	0,6181	0,0028
4	19 IV	0,0040	0,0041	0,3066	0,2993	0,0073
5	4 V	0,0021	0,0028	0,2780	0,2715	0,0065
6	12 V	0,0021	0,0026	0,2704	0,2623	0,0081
7	22 V	0,0022	0,0022	0,2305	0,2229	0,0076
8	23 V	0,0059	0,0067	0,2305	0,2246	0,0059
9	1 V	0,0042	0,0042	0,1855	0,1785	0,0070
10	3 VI	0,0034	0,0040	0,1807	0,1740	0,0067
11	4 VI	0,0026	0,0025	0,1684	0,1652	0,0032
12	5 VI	0,0030	0,0031	0,1797	0,1727	0,0070
13	7 VI	0,0029	0,0027	0,1737	0,1627	0,0110
14	10 VI	0,0032	0,0030	0,1656	0,1587	0,0068
15	20 VI	0,0034	0,0036	0,1717	0,1657	0,0060
16	1 VII	0,0056	0,0048	0,1037	0,0981	0,0056
17	13 VII	0,0037	0,0035	0,1118	0,1039	0,0079
18	26 VII	0,0032	0,0036	0,0969	0,0885	0,0084
19	31 VII	0,0036	0,0035	0,1103	0,1003	0,0100

Анализ данных таблицы показывает, что из-за наличия уравнения яркости как следствия особенностей примененного усилителя можно объяснить присутствие систематической ошибки в определениях астрономического времени

$\Delta = +0^s,0072 \pm 0^s,0008$ . Рассмотренный метод выявления наличия уравнения яркости в астрономических определениях времени можно рекомендовать в качестве одной из оценок пригодности используемого усилителя для нужд службы точного времени.

### Л и т е р а т у р а

1. Огриньш М.П. Устройство для непосредственной регистрации средних моментов прохождений звезд с выдачей результата на цифропечатающее устройство, - Учен.зап.ЛГУ им.П.Стучки, 1975, т.220, с.80.
2. Цирулис К.А. Фотоэлектрическая установка регистрации моментов прохождения звезд, - Учен.зап.ЛГУ им.П.Стучки, 1964, т.68, с.5.
3. Иванов А.В. Фотоэлектрическая установка устройства для определения среднего момента прохождения звезд. -Учен.зап.ЛГУ им.П.Стучки, 1975, т.220, с. 55.
4. Штейнс К.А., Розе Л.Ф. Фотоэлектрическая установка с двумя независимыми электрометрическими контурами для регистрации моментов прохождений. -Учен.зап. ЛГУ им.П.Стучки, 1964, т.68, с.7.
5. Штейнс К.А. О требованиях к программе вычисления поправок часов, - В кн.: Астрономия. Численные эксперименты в небесной механике и астрометрии. Рига, 1978, с.55.

### Р е з ю м е

К. А. Ш т е й н с,  
Э. Я. Ка у п у ш,  
А.В.И в а н о в с

#### ОШИБКА ЯРКОСТИ В АСТРОНОМИЧЕСКИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯХ ВРЕМЕНИ ЛГУ ИМ. П.СТУЧКИ

Сравнивая ошибки яркости при разных значениях постоянной времени, можно установить, возникает ли уравнение яркости из-за свойств усилителя или оно свойственно каталогу. Таким образом установлено, что в наблюдениях 1974-1978 годов службы времени АО Латв.ГУ имелась ошибка яркости порядка  $0^{\circ}007$ .

K o p s a v i l k u m s

K.Š t e i n s ,  
E. K a u p u š a ,  
A. I v a n o v s

P. STUČKAS LVU LAIKA ASTRONOMISKO APREĶINU  
SPOŽUMA KĻŪDA

Salīdzinot spožuma kļūdas pie laika konstantes dažādām vērtībām, var konstatēt, vai spožuma kļūda rodas no pastiprinātāja vai tā ir raksturīga katalogam. Tādā kārtā ir konstatēts, ka LVU AO laika dienesta 1974 - 1978 g. novērojumos bija spožuma kļūda  $0,^S007$ .

S u m m a r y

K.Š t e i n s  
E. K a u p u š a  
A. I v a n o v s

THE BRIGHTNESS ERROR OF THE ASTRONOMICAL TIME DETERMINATIONS, PERFORMED AT THE LATVIAN STATE UNIVERSITY

By comparing brightness errors at different values of the amplifier time constant, the source of the brightness equation can be readily identified: whether it arises from amplifier properties, or is inherent in the star catalogue. Using this procedure, a brightness error of some  $0,^S007$  has been found in the observations, performed during 1974 - 78 at the Astronomical observatory of the Latvian State University.

ЛАТВИЙСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. П. СТУЧКИ  
АВТОМАТИЧЕСКАЯ РЕГИСТРАЦИЯ МОМЕНТОВ  
ПРОХОЖДЕНИЯ ЗВЕЗД АСТРОНОМИИ 1980

УДК 522.98

К. А. Штейно,  
М. П. Огриньш,  
А. В. Иванов  
АО ЛГУ им. П. Стучки, РПИ

ЗАПАЗДЫВАНИЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ПРИ  
ОГРАНИЧЕНИИ СИГНАЛА

В 1975 году Служба времени АО Латвийского госуниверситета начала вести регистрацию моментов прохождения звезд с установкой имеющей отрицательную обратную связь, схема которой дана на рис.

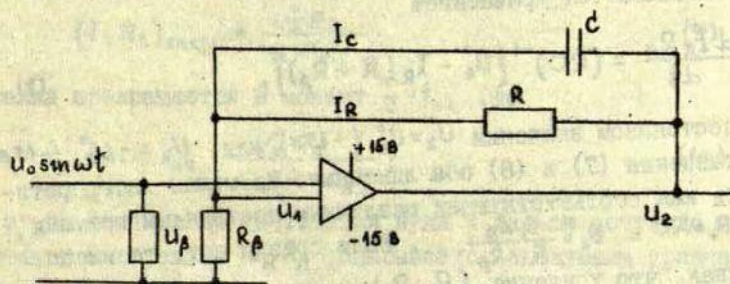


Рис.

Параметры схемы имеют примерно следующие значения  $R_\beta = 6 \text{ к}\Omega$ ,  $R = 750 \text{ к}\Omega$ ,  $C = 0,06 \text{ мкф}$ . Для схемы имеем

$$U_2 = \kappa U_1, \quad (1)$$

$$U_\beta = (I_R + I_C) R_\beta, \quad (4)$$

$$U_2 - U_\beta = I_R R, \quad (2)$$

$$U_1 = U_0 \sin \omega t - U_\beta, \quad (5)$$

$$U_2 - U_\beta = \frac{1}{C} \int I_C dt, \quad (3)$$

где  $k$  - коэффициент усилителя ( $k = 10000$ ). Систему уравнений (1-5) можно привести к одному уравнению с одним неизвестным. Для этого из (1), (2), (5) исключаем  $U_1, U_\beta$  и вычисляем  $U_2$

$$U_2 = (1 + k^{-1})^{-1} (U_0 \sin \omega t + I_R R). \quad (6)$$

Приравняв правые части (2) и (3) и дифференцируя по  $t$  и исключая  $I_C$  при помощи (2) и (4) получаем

$$\begin{aligned} \frac{d I_R R_\beta}{dt} &= (RC)^{-1} [(1 + k^{-1})^{-1} (U_0 \sin \omega t + I_R R) - I_R (R + R_\beta)] \approx \\ &\approx (RC)^{-1} [U_0 \sin \omega t - I_R R_\beta (1 + k^{-1} \frac{R}{R_\beta})]. \end{aligned} \quad (7)$$

При наблюдениях ярких звезд  $U_2$  достигает экстремально допустимые значения  $U_2$ , т.е.  $+15$  в и происходит срезка напряжения  $U_2$ . Следовательно, вместо уравнения (7) процесс описывается уравнением

$$\frac{d I_R R_\beta}{dt} = (RC)^{-1} [U_2^0 - I_R (R + R_\beta)], \quad (8)$$

при постоянном значении  $U_2 = U_2^0 (+15$  в) или  $U_2 = -U_2^0 (-15$  в).

Уравнения (7) и (8) оба линейные. Их можно интерпретировать как соответствующих различным постоянным времени, т.е.  $\theta_1 = RC$  и  $\theta_2 = \frac{R R_\beta}{R + R_\beta}$ . Если срезки нет, то имеем, учитывая, что усиление ( $R_2 : R_\beta$ ) значительное, для определения  $\tau$  следующее уравнение

$$\begin{aligned} U_2 = 0 = I_R R &\approx e^{-(\frac{T}{2} + \tau) \theta_1^{-1}} \int_0^{\frac{T}{2} + \tau} \frac{U_0 \sin \omega t}{\theta} e^{\frac{t}{\theta_1}} dt \approx \\ &\approx -\frac{e^{-(\frac{T}{2} + \tau) \theta_1^{-1}}}{1 + \theta_1^2 \omega^2} U_0 \left\{ e^{\frac{t}{\theta_1}} [\theta_1 \omega \cos \omega t - \sin \omega t] \right\} \Big|_0^{\frac{T}{2} + \tau} \approx \\ &\approx -\frac{U_0}{1 + \theta_1^2 \omega^2} (-\theta_1 \omega + \tau \omega) + e^{-(\frac{T}{2} + \tau) \theta_1^{-1}} \frac{\theta_1 \omega U_0}{1 + \theta_1^2 \omega^2}. \end{aligned}$$

Учитывая, что  $\frac{T}{2\theta_1}$  величина большая, имеем  $\tau = \theta_1$ ,

т.е. при включении сравнительно большой постоянной в обратную связь при целесообразно подобранных параметрах получается с большой точностью классический результат, т.е., что запаздывание равно постоянной времени [1].

Согласно дифференциальному уравнению (8), при постоянном  $U_2 = U_2^0$  за короткий промежуток времени величина  $I_R R_\beta$  становится величиной почти постоянной. Дифференциальное уравнение (8) является линейным с постоянным свободным членом и имеет, следовательно, монотонно возрастающее или монотонно убывающее решение в зависимости от начального значения правой части (8), которое в свою очередь равно значению правой части дифференциального уравнения (7) в момент достижения экстремальных значений. Значение, которое достигается  $I_R R_\beta$ , равно

$$(I_R R_\beta)_{\text{экстр.}} = \frac{U_2^0 R_\beta}{R + R_\beta} \quad (9)$$

Срезка прекращается в момент  $\frac{T}{2} - t_{\alpha 2}$ , где

$$\sin \omega t_{\alpha 2} = \frac{U_2^0 R_\beta}{U_0 (R + R_\beta)} \quad (10)$$

С этого момента до достижения нуля и дальше почти до следующего экстремума  $I_R R_\beta$ , описывается следующим уравнением для любого  $t$  в этом интервале

$$I_R R_\beta = e^{-(\frac{T}{2} + t)\theta_1} \left[ \int_{\frac{T}{2} - t_{\alpha 2}}^{\frac{T}{2} + t} \frac{U_0 \sin \omega t}{\theta_1} e^{\frac{t}{\theta_1}} dt + e^{(\frac{T}{2} - t_{\alpha 2})\theta_1} \frac{U_2^0 R_\beta}{R + R_\beta} \right]$$

Момент, когда  $U_2$  достигает нулевого значения, опаздывает относительно пересечения синусоиды, т.е.  $\frac{T}{2}$  на запаздывание  $\tau$ , следовательно,

$$0 = U_2 = U_0 \sin \omega \left( \frac{T}{2} + \tau \right) + \frac{R}{R_p} e^{-\left( \frac{T}{2} + \tau \right) \theta_1^{-1}} \left[ \int_{\frac{T}{2} - t_{\alpha 2}}^{\frac{T}{2} + \tau} \frac{U_0 \sin \omega t}{\theta_1} e^{\frac{t}{\theta_1}} dt + e^{\left( \frac{T}{2} - t_{\alpha 2} \right) \theta_1^{-1}} \frac{U_0 R_p}{R + R_p} \right]. \quad (11)$$

Запаздывание  $\tau$  определим приближенно, учитывая, что  $\tau$  и  $\theta_1$  есть малые величины. Будем также пренебрегать первым членом уравнения (II). Имеем

$$e^{-\left( \frac{T}{2} + \tau \right) \theta_1^{-1}} \left\{ \frac{U_0 e^{\left( \frac{T}{2} + \tau \right) \theta_1^{-1}}}{1 + \theta_1^2 \omega^2} [\theta_1 \omega - \tau \omega] + \frac{U_0 e^{\left( \frac{T}{2} - t_{\alpha 2} \right) \theta_1^{-1}}}{1 + \theta_1^2 \omega^2} [-\theta_1 \omega - \omega t_{\alpha 2}] + e^{\left( \frac{T}{2} - t_{\alpha 2} \right) \theta_1^{-1}} U_0 \omega t_{\alpha 2} \right\} = 0.$$

Пренебрегая величиной  $\theta_1^2 \omega^2$  имеем

$$\tau = \theta_1 - \theta_1 e^{\frac{-\tau - t_{\alpha 2}}{\theta_1}}. \quad (12)$$

Запаздывание определенное по формулам (I2) и (I0) при  $t_{\alpha 2}$  порядка  $\theta_1$  меньше  $\theta_1$  и может достигнуть даже значения меньше чем запаздывание прямоугольных сигналов в классическом случае. Так как яркость изображения  $U_0$  меняется от ночи к ночи, то срезка сигналов в обратной связи с большой постоянной времени нежелательна.

### Л и т е р а т у р а

- I. Штейнс К.А. Обобщенный метод определения моментов прохождения звезд с учетом выбросов. - В кн.: Астрономия. Автоматическая регистрация моментов прохождения звезд. Межведомств. сб. научн. трудов. Рига, 1980, с.3.

Резюме

К. А. Штейнс,  
П. П. Огриньш,  
А. В. Иванов

ЗАПАЗДЫВАНИЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ПРИ  
ОГРАНИЧЕНИИ СИГНАЛА

Получена формула для определения запаздывания синусоидального сигнала, если в обратной связи после усилителя имеется значительная постоянная времени и ограничение по амплитуде. Оказывается, что в случае фотоэлектрических установок, применяемых в астрометрии, в этом случае запаздывание сильно зависит от яркости звезд, что нежелательно, поэтому не рекомендуется включать в обратную связь большую постоянную времени.

K o r s a v i l k u m s

K. Š t e i n s,  
M. O g r i ņ š,  
A. I v a n o v s

FOTOELEKTRISKĀS IEKĀRTAS NOKAVĒŠANĀS  
SIGNĀLAM AR IEROBEŽOTU AMPLITŪDU

Iegūta formula nokavēšanās noteikšanai sinusoidālam signālam, ja atgriezeniskajā saitē aiz pastiprinātāja ir ievērojama laika konstante un ierobežota amplitūda. Izrādās, ka fotoelektriskām iekārtām, ko lieto aстромetrijā, šajās gadījumās nokavēšanās ir stipri atkarīga no zvaigznes spožuma, kas nav vēlams, tēpēc nav ieteicams ieslēgt atgriezeniskā saitē lielas laika konstantes.

Summary

K. Šteins,  
M. Ogripš,  
A. Ivanovs

TIME-LAG OF THE SIGNALS WITH RESTRICTED AMPLITUDE  
OF A PHOTOELECTRIC DEVICE

A formula has been derived for the time-lag determination of a sinusoidal signal with restricted amplitude, if the feed-back circuit of the amplifier has a relatively large time constant. It is found that the time-lags of photoelectric devices used in astrometry depend largely upon star brightness, therefore it may be recommended to use relatively smaller time constant in the feed-back circuit.

ЛАТВИЙСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. П. СТУЧКИ  
АВТОМАТИЧЕСКАЯ РЕГИСТРАЦИЯ МОМЕНТОВ  
ПРОХОЖДЕНИЯ ЗВЕЗД. АСТРОНОМИЯ, 1980

Г. М. Бичевска,  
А. В. Иванов  
АО ЛГУ им. П. Стучки

УДК 522.982

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ АЗИМУТА ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ  
ТРУБЫ ПАССАЖНОГО ИНСТРУМЕНТА ПО ЗЕНИТНОМУ РАССТОЯНИЮ

В Астрономической обсерватории Латвийского государственного университета старшим научным сотрудником М. К. Абе-ле и старшим инженером А. В. Ивановым разработано и построено устройство для автоматической установки трубы пассажного инструмента АПМ-10 по зенитному расстоянию. Имеются два шаговых двигателя с первичными редукторами для поворота горизонтальной оси инструмента, которые помещены под его корпусом на противоположных концах относительно горизонтальной оси. Поворот оси шагового двигателя передается через первичный редуктор с помощью карданного привода и червячной передачи на горизонтальную ось. Величина шага при установке трубы 10". При помощи окулярного микрометра можно контролировать глазом отработанные углы с точностью  $\pm 0".1$ . При помощи упомянутого привода и фотоэлектронного устройства контроля труба устанавливается автоматически на напередзаданное значение зенитного расстояния. При перемещении трубы работа двигателя, помещенного на основании пассажного инструмента вызывает дрожание последнего. В настоящей статье представлены результаты исследований смещения по азимуту горизонтальной оси из-за дрожания и одностороннего давления на нее деталей привода. Смещение горизонтальной оси пассажного инструмента определялось при помощи высокоточного оптиметра или при помощи интерферометра Линника. Оптиметр и интерферометр прикрепленных основанию при помощи втулок и винтов наглухо. Многократным повторением измерений проверялась надежность крепления из-

мерительных инструментов к основанию пассажного инструмента. Влияние давления привода проверялась при различных положениях горизонтальной оси с включенным и отклоненным приводам. В таблице I даны результаты одного ряда измерений.

Т а б л и ц а I

№	Положение горизонтальной оси	Начальное показание оптиметра	Показание оптиметра после отключения привода	Показание оптиметра после подключения привода
1	0°	54,3 мкм	54,3 мкм	54,3 мкм
2	0°	54,3 мкм	54,4 мкм	54,4 мкм
3	10°	54,4 мкм	54,3 мкм	54,3 мкм
4	10°	54,9 мкм	54,9 мкм	54,9 мкм
5	30°	54,6 мкм	54,6 мкм	54,6 мкм
6	-20°	54,2 мкм	54,2 мкм	54,2 мкм
7	-10°	54,3 мкм	54,3 мкм	54,2 мкм
8	-40°	54,0 мкм	54,1 мкм	54,2 мкм
9	+20°	54,2 мкм	54,2 мкм	54,1 мкм
10	-10°	54,8 мкм	54,8 мкм	54,9 мкм

Данные таблицы могут быть объяснены как влиянием давления привода плохим качеством цапф, ошибками отсчетов, та и возможно недостаточной устойчивостью крепления оптиметра. Со временем при повороте оси отмечаются изменения показаний оптиметра порядка +0,5 . Однако, в течение одного измерения (ось не поворачивается) крепление достаточно надежное. На основе нескольких рядов измерений установлено, что давление привода изменяет положение горизонтальной оси по азимуту меньше чем +0,06 , т.е. меньше чем +0,002.

В таблице 2 представлены результаты одного ряда влияния дрожания двигателя на перемещение горизонтальной оси по азимуту. Данные таблицы 2 показывают, что дрожание двигателя увеличивает разброс показаний оптиметра, однако, невозможно установить из-за чего произошло изменение показания оптиметра из-за неустойчивого ли его крепления или

Т а б л и ц а 2

Угол поворота горизонтальной оси	Изменение показания оптиметра после поворота оси	Изменение показания оптиметра послевозращения
+10°	0,2 мкм	0,2 мкм
+10°	0,1 мкм	0,2 мкм
+10°	0,0 мкм	0,1 мкм
+20°	0,1 мкм	0,1 мкм
+20°	0,2 мкм	0,0 мкм
+20°	0,0 мкм	0,2 мкм

же из-за смещения горизонтальной оси по азимуту. Если сравнить изменения показаний оптиметра с аналогичными изменениями при ручной установке трубы по зенитному расстоянию, то видно, что автоматическая установка трубы вызывает меньшие случайные ее по азимуту. На основе многократных рядов измерений как при помощи оптиметра, так и при помощи интерферометра Линника мы установили, что вследствие дрожания шагового электропривода при автоматической установке положение горизонтальной оси в лагерах изменяется меньше чем на +0,003 по азимуту.

#### Л и т е р а т у р а

1. Штейнс К.А., Иванов А.В. Автоматизация пассажного инструмента. - Учен. зап. ЛГУ им. П. Стучки, 1972, т. 169, с. 30.
2. Иванов А.В. К вопросу об автоматизации пассажных инструментов. - Учен. зап. ЛГУ им. П. Стучки, 1973, т. 190, вып. 9, с. 77.

## Резюме

Г. М. Бичевска

А. В. Иванов

### ОБ УСТОЙЧИВОСТИ АЗИМУТА ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ ТРУБЫ ПАССАЖНОГО ИНСТРУМЕНТА ПО ЗЕНИТНОМУ РАССТОЯНИЮ

Экспериментально установлено, что устройство АО ЛПУ им. П. Стучки для автоматической установки трубы пассажного инструмента по зенитному расстоянию вносит в изменения азимута меньше, чем вносит ручная установка. Систематическое влияние давления деталей привода меньше 0,002 секунды.

К о р а в и л к и н а

G. B i ņ e v s k a

A. I v a n o v s

### PAR AZIMUTA STABILITĀTI, PASĀŽINSTRUMENTU AUTOMĀTISKI IESTĀDOT UZ VAJADZĪGO ZENĪTDISTANCI

Ekspimentāli konstatēts, ka LVU Astronomiskās observatorijas iekārta pasāžinstrumenta tālskata zenītdistances automātiskai iestādīšanai izmaina azimutu mazāk nekā iestādīšana ar roku. Pievada spiediena sistemātiskā ietekme uz instrumenta azimutu mazāka par 0,002 sekundēm.

S u m m a r y

G. B i ņ e v s k a

A. I v a n o v s

### ON THE STABILITY OF THE AZIMUTHAL ALIGNMENT OF A TRANSIT INSTRUMENT IN THE CASE OF AUTOMATIC TUBE ELEVATION CONTROL

It has been proved experimentally at the Astronomical Observatory of the Latvian State University that automatic tube elevation control induces smaller errors into the azimuthal alignment of a transit instrument than the manual one. The systematic shift produced by the presence of the automatic pointing gear is less than 0,002 sec.

ЛАТВИЙСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. П. СТУЧКИ  
АВТОМАТИЧЕСКАЯ РЕГИСТРАЦИЯ МОМЕНТОВ  
ПРОХОЖДЕНИЯ ЗВЕЗД. АСТРОНОМИЯ, 1980

УДК 522.617 и 529.78

А. В. И в а н о в ,  
М. П. О г р и н ь ш  
ЛГУ им. П. Стучки, РПИ

УСТАНОВКА РЕГИСТРАЦИИ МОМЕНТОВ ПРОХОЖДЕНИЯ  
ЗВЕЗД С УЧЕТОМ ВЫБРОСОВ С ВЫВОДОМ НА ЭВМ

В 1978 году в АО ЛГУ изготовлена фотоэлектрическая установка для регистрации моментов прохождения звезд по методу учета случайных выбросов. В отличие от установки, которая применялась с 1974 по 1979 г. [1], предусмотрен вывод данных на ЭВМ посредством перфоленты. Это открывает возможности более детального анализа полученных данных, и исследование самого процесса регистрации [2]. Ниже представлено краткое описание установки.

Устройство является вспомогательным при определении поправок часов на пассажном инструменте по моментам прохождений звезд через меридиан. Устройство состоит из фотонасадки и электронной системы обработки и регистрации сигналов.

Фотонасадка содержит зеркальную визирную решетку, две линзы Фабри и два фотоумножителя (ФЭУ). Фотоумножители преобразуют световой поток от звезды, прошедший через решетку и линзы Фабри, в электрические сигналы. Последние обрабатываются электронной системой, в которую

входят:

усилитель сигналов от ФЭУ,  
компаратор сигнала,  
измеритель длительностей выбросов,  
система записи на перфоленту.

Усилитель образует разность сигналов обоих ФЭУ, обеспечивает необходимое ее усиление и сглаживание с большой постоянной времени. Компаратор сравнивает выходной сигнал усилителя, т.е. сигнал регистрации, с установленным уровнем регистрации. Сигнал на выходе компаратора принимает одно из двух дискретных значений в зависимости от того, находится ли сигнал от усилителя выше или ниже уровня регистрации, т.е. имеет ли место положительный выброс сигнала регистрации.

Измеритель длительностей выбросов по определенному алгоритму определяет длительности положительных и отрицательных выбросов сигнала и осуществляет привязку регистрируемого сигнала к шкале времени.

Система записи на перфоленту в процессе наблюдения обеспечивает автоматическую перфорацию данных измерителя длительностей выбросов на ленту.

Устройством управляет наблюдатель с пульта управления, расположенного непосредственно у пассажного инструмента. Для удобства обработки наблюдательных данных на ЭМ наблюдатель во время наблюдения с пульта вводит дополнительные данные для перфорации, как то: показания уровня, номер звезды и т.п.

По данным, выведенным на перфоленту, можно определить средние моменты прохождений звезд и на их основе -

поправку часов.

Технические данные.

1. Точность определения длины выбросов -  $\pm 0,1$  мсек.
2. Вывод цифровых данных - на восьмидорожечную перфоленту ПЛ - 80.
3. Максимальный объем одноразовой записи вспомогательных данных - 6 десятичных знаков.
4. Питание устройства - от сети переменного тока  $220 \pm 20$  в с частотой  $50 \pm 0,5$  гц.

Функциональная блок-схема  
регистрации методом случайных выбросов

При фотоэлектрической регистрации моментов прохождения звезд с двумя фотоэлектронными умножителями (ФЭУ) применяется зеркальная решетка. Регистрация проводится в режиме, близком к нормальному. Регистрации подлежат моменты, в которые изображение звезды делится краем щели на равноинтенсивные части. В этом случае фототоки обоих ФЭУ (при условии их идентичности) будут одинаковыми. В фотоэлектрическом усилителе оба сигнала взаимно вычитаются, что приводит к исключению паразитного фона сигнала. При равной интенсивности световых потоков, падающих на катоды обоих ФЭУ, сигнал на выходе фотоэлектрического усилителя проходит через нулевой уровень. В нормальном режиме регистрации нулевой уровень должен совпадать с установленным уровнем регистрации компаратора. На практике такого идеального положения достичь не удастся: регистрация происходит более или менее близко к нормаль-

ному режиму. Сигнал проходит через уровень регистрации, когда скорость его изменения близка к максимальной.

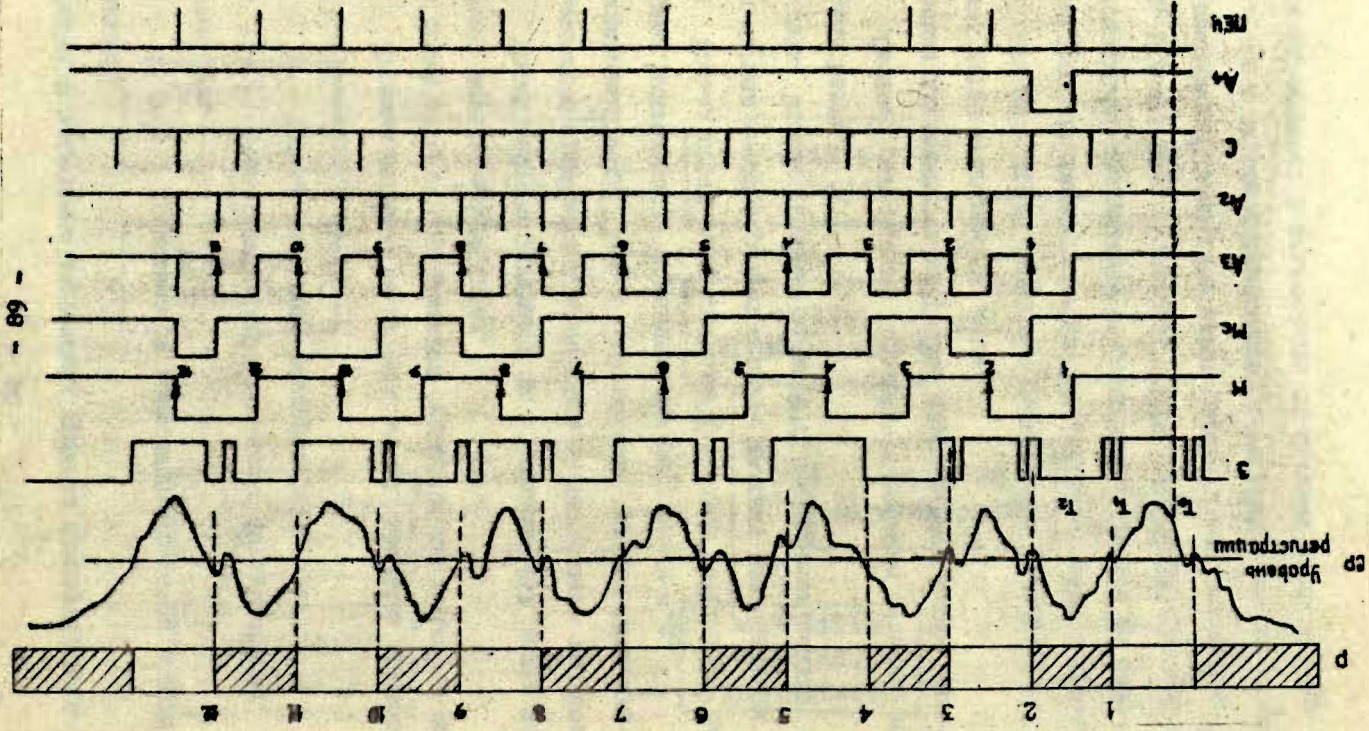
В данном описании работы установки принимается, что регистрация ведется в нормальном режиме.

Вследствие дрожания изображения звезды центр его диска многократно пересекает край щели, и сигнал проходит через уровень регистрации с многократным его пересечением. При прохождении каждой щели число пересечений и моменты их появлений — случайные величины. Это налагает определенные требования на регистрирующий аппарат и математические приемы их обработки. При регистрации прохождений методом учета случайных выбросов вместо регистрации всех пересечений каждого прохождения определяются суммарные длительности выбросов того или иного знака.

Сигнал регистрации можно представить периодической гладкой кривой — (идеальный сигнал) — с наложенными на нее шумами. В дальнейшем будем полагать отношение идеального сигнала регистрации к шуму таким, что в районе амплитуд обеих полярностей случайных пересечений уровня регистрации нет.

Метод регистрации требует построения периодического опорного сигнала. Его период должен быть близким к периоду сигнала регистрируемой звезды. Опорный сигнал привязывается к временной шкале. Моменты его привязки должны примерно совпадать с моментами амплитудных значений сигнала регистрации. Моменты привязки в дальнейшем будем называть "метками". В качестве меток использованы

Рис. 1. Сигналы в устройстве пересчета (УПЧМ) за один цикл работы  
 (УПЧМ) за один цикл работы



фронты формирования логических уровней прямоугольного сигнала.

На рис. 1 представлена временная диаграмма работы установки.

CP - сигнал регистрации на выходе фотоусилителя,

Э - сигнал на выходе компаратора,

М - сигнал меток.

Жирными линиями на CP обозначены интервалы времени, во время которых определяются суммарные длительности выбросов определенного знака.

После запуска установки до появления 1-й метки определяется суммарная длительность положительных выбросов. В интервале между 1-й и 2-й метками определяется суммарная длительность отрицательных выбросов и т.д.

Период меток выдерживается с высокой точностью, так как сигнал меток образуется путем деления кварцеванной частоты. Поэтому к шкале времени привязывается только первая метка.

Система регистрации выполняет следующие функции: измерение длительности выбросов, формирование меток, привязку меток к временной шкале.

Функциональная блок-схема регистрации дана на рис. 2. Формирователь измерительного интервала во время выбросов обеспечивает поступление счетных импульсов Тсч на счетчик, в дальнейшем именуемый "СЧЕТЧИК ВЫБРОСОВ". Поскольку приходится поочередно регистрировать как положительные, так и отрицательные выбросы, то измерительные интервалы формируются в зависимости от сигнала меток М и вы-

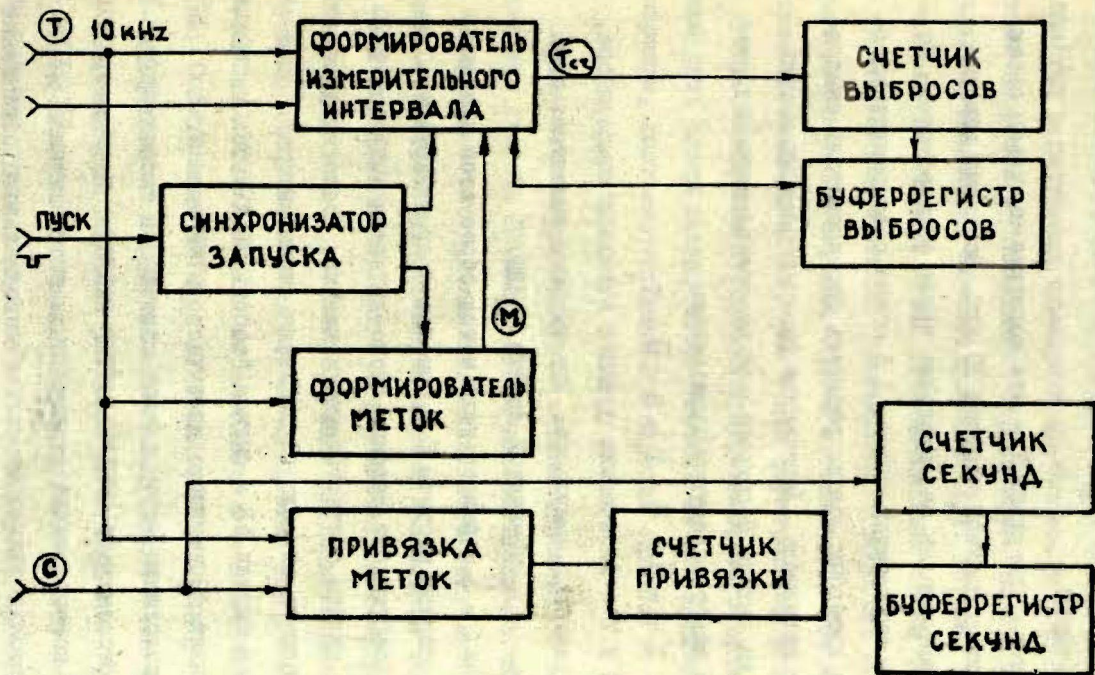


Рис. 2 Функциональная блок-схема регистрирующей системы устройства

ходного сигнала З компаратора ( см. рис. I ). Во время положительных выбросов сигнал З принимает значение логической единицы.

Тактовые импульсы Т - это короткие импульсы положительной кварцовой частоты 10 кГц. Во время измерительных интервалов они проходят через формирователь. По временным диаграммам ( рис. I ) можно представить алгоритм, по которому должен работать формирователь измерительного интервала. Логическую функцию счетных импульсов Тсч на выходе формирователя измерительного интервала можно задать следующим уравнением

$$T_{сч} = \bar{3} \cdot M \cdot T + 3 \cdot \bar{M} \cdot T,$$

где 3, М и Т - логические функции сигналов компаратора, меток и тактовых импульсов. Эту функцию выполняет одна микросхема двухступенчатой логики И-ИЛИ.

Сигнал  $\bar{M}$  в формирователе меток образуется делением сигнала опорной частоты Т с помощью программируемого делителя. Коэффициент деления этого делителя задается введением с пульта соответствующих данных. После двукратного выходного сигнала А2 делителя счетными триггерами получается сигнал А3 и сигнал "собственно" меток М. Частота сигнала А2 вчетверо выше частоты сигнала М.

Расположение меток вблизи максимумов сигнала регистрации обеспечивает СИНХРОНИЗАТОР ЗАПУСКА. Команда ПУСК дается в момент, когда стрелка индикатора сигнала регистрации приблизительно достигает максимального отклонения при прохождении звездой первого окна решетки. ( Момент  $T_0$  на диаграмме рис. I ). Этот сигнал устанавливает СИН-

ХРОНИЗАТОР ЗАПУСКА в режим готовности. Процесс формирования меток начинается автоматически при появлении первого положительного выброса ( момент  $T_1$  ). Одновременно начинается регистрация суммарной длительности положительных выбросов и "помещение" первой метки вблизи положительного максимума сигнала ( момент  $T_2$  ). Автомат устроен так, что первая метка появляется лишь после того, как суммарная длительность положительных выбросов достигает  $1/4$  периода сигнала. Здесь используется тот же программируемый делитель, что и для формирования остальных меток. Коэффициент деления программируемого делителя должен быть задан таким, чтобы частота 10 кгц делилась до периода, соответствующего  $1/4$  периода сигнала от звезды.

Первая метка привязывается к шкале времени. С ее появлением система ПРИВЯЗКА МЕТОК вырабатывает сигнал А4, который длится до появления ближайшего секундного импульса С. Этот сигнал формирует сигнал разрешения счета для СЧЕТЧИКА ПРИВЯЗКИ. Этот счетчик насчитывает число тактовых импульсов Т, соответствующее продолжительности интервала А4. Кроме того в момент появления первой метки содержимое СЧЕТЧИКА СЕКУНД переписывается в БУФЕРРЕГИСТР СЕКУНД. Содержимое СЧЕТЧИКА ПРИВЯЗКИ и БУФЕРРЕГИСТРА СЕКУНД печатается на перфоленту. По этим данным можно определить время появления первой метки. Содержимое СЧЕТЧИКА ВЫБРОСОВ печатается всякий раз при появлении метки. Чтобы счетчик сразу же был готов к регистрации следующей серии выбросов, перфорация производится при посредстве БУФЕРРЕГИСТРА ВЫБРОСОВ, куда пересылается содержимое.

счетчика. Волею за пересылкой счетчик гасится. Все это происходит за приблизительно 0,5 мксек. Для СЧЕТЧИКА ПРИВЯЗКИ буферрегистр не нужен, так как его содержимое печатается только после того, как отпечатано содержимое буферрегистра СЧЕТЧИКА ВЫБРОСОВ после обработки последних выбросов.

Выбор опорной частоты 10 кГц для измерения интервалов времени и связанного с ней объема счетчиков определяется стремлением выбрать разумный компромисс между точностью измерения и затратами труда и материалов и объемом аппаратуры. СЧЕТЧИК ВЫБРОСОВ содержит 5 десятичных декад, СЧЕТЧИК ПРИВЯЗКИ - 4, СЧЕТЧИК СЕКУНД - 1 декаду.

На диаграмме сигналов рис. 1 дано временное соотношение сигналов для цикла из 12 меток. Сигнал конца цикла регистрации КОН.РЕГ. вырабатывает специальный счетчик меток. Количество необходимых меток определяется конструкцией применяемой решетки. Если по каким-либо причинам меняется число окон решетки, то соответственно нужно подстраивать модуль счетчика меток. В настоящей установке предусмотрен также цикл с 24 метками.

Конструктивно устройство состоит из:

- а) базового прибора с перфоратором, пригодного для эксплуатации в отапливаемом помещении на расстоянии, не превышающем 100 м от пассажного инструмента;
- б) пульта управления, располагаемого непосредственно у пассажного инструмента.

Пульт объединяет:

- два источника высокого напряжения,

- преобразователь фотоэлектрического сигнала,
- пульт клавишного ввода с блоком индикации,
- систему приема и передачи командных и контрольных сигналов.

Обе части УРСМ представляют приборы настольного типа со встроенными автономными источниками питания от сети переменного тока напряжением 220 в.

Структурная схема устройства изображена на рис. 3 со следующими обозначениями:

- ФЭУ - фотоумножители,
- ФУ - фотоусилитель,
- ФСР - формирование сигнала регистрации,
- ВТС - выделение такт-сигналов,
- ВД - ввод данных,
- ИВД - индикация ввода данных,
- ПКС - прием и передача контрольных и командных сигналов,
- БП - блок питания,
- ИВН - источник высокого напряжения,
- КЭС - кабель командных и контрольных сигналов,
- КД - кабель для передачи данных,
- КТ - кабель для передачи такт-сигналов,
- ТС - такт-система,
- УОД - управление обменом данных,
- ФИС - формирователи измерительных сигналов,
- ЦД - программируемый делитель,
- СЧР - счетчики результата,
- ИП - интерфейс перфратора.

Медленные сигналы, т.е. возникающие относительно

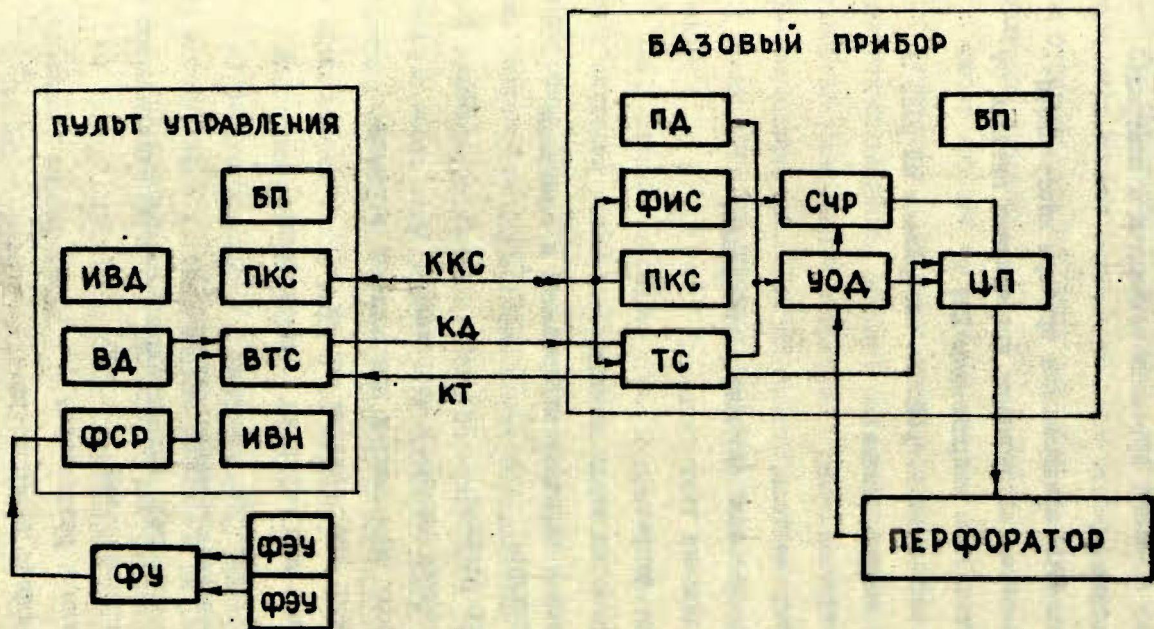


Рис.3 Структурная схема УРСМ

редко и предназначенные для передачи команд от пульта управления к базовому прибору и для его контроля, передаются по параллельным линиям многожильного кабеля ККС.

Быстрые сигналы обмена данными и регистрации среднего момента передаются по двум отдельным двухжильным кабелям КД и КТ.

Базовый прибор работает как тактированная синхронная система. Для синхронизации процессов в базовом приборе и пульте управления импульсы, вырабатываемые такт-системой ТС базового прибора, по кабелю такт-сигналов КТ передаются на пульт. По кабелю данных КД синхронно с такт-импульсами передается цифровая информация, записанная в регистрах данных пульта управления. Она поступает во вспомогательные регистры базового прибора и затем перфорируются. Перфоратор синхронизируется через интерфейс. Во время регистрации прохождения звезды сигнала в моменты пересечения поступают от фотоусилителя ФУ в формирователь сигнала регистрации ФСР и далее передаются от пульта к базовому прибору по КД.

За немногими исключениями все функциональные блоки, показанные в структурной схеме, соответствуют электронным схемам, расположенным на отдельных платах печатного монтажа.

Блоки устройства выполнены на ТТЛ-микросхемах средней степени интеграции серий I55 и I33, функциональные особенности которых во многом определили совокупность выбранных способов обработки различных сигналов. Учтено и минимальное потребление энергии.

Л и т е р а т у р а

- 1 Огриньш М.П. Устройство для непосредственной регистрации средних моментов прохождений звезд с выдачей результата на цифропечатающее устройство. - Учен.зап.ЛГУ им.П.Стучки, 1973, т.220, с.80.
- 2 Штейнс К.А. Обобщенный метод определения моментов прохождения звезд с учетом выбросов. - В кн.: Астрономия. Автоматическая регистрация моментов прохождения звезд. Межведомств. сб. научн. трудов. Рига, ЛГУ, 1980, с.3.

Р е з ю м е

А.В. Иванов

М.П. Огриньш

УСТАНОВКА РЕГИСТРАЦИИ МОМЕНТОВ ПРОХОЖДЕНИЯ  
ЗВЕЗД С УЧЕТОМ ВЫБРОСОВ С ВЫВОДОМ НА ЭВМ

Дано описание устройства для регистрации моментов прохождения звезд с учетом выбросов с выводом на ЭВМ, построенного в 1978 году в АО ЛГУ.

K o r s a v i l k u m s

A. Ivanova

M. Ogrinš

ZVAIGŽŅU TRANZĪTMOMENTU REĢISTRĒŠANAS IEKĀRTA  
AR DATU IZVADĪŠANU UZ ESM

Dots īss vidējo tranzītmomentu noteikšanas ierīces apraksts. Ierīce uzbūvēta LVU Astronomiskajā observatorijā 1978. gadā. Tā strādā pēc gadījuma izsitienu metodes un tai ir paredzēta informācijas izvadīšana uz elektroniskaitļotāju.

**S u m m a r y**

**A. Ivanovs,**

**M. Ogriņš**

**STAR TRANSIT MOMENT REGISTRATION DEVICE WITH  
MULTIPLE CONTACT PROCESSING CAPABILITY AND  
DIRECT INFORMATION TRANSFER TO A COMPUTER**

A star transit moment registration device designed and built at the Astronomical Observatory of the Latvian State University in 1978 is described. It works on the multiple contact processing principle and is suited for direct information transfer to a computer.

ЛАТВИЙСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. П. СТУЧКИ  
АВТОМАТИЧЕСКАЯ РЕГИСТРАЦИЯ МОМЕНТОВ  
ПРОХОЖДЕНИЯ ЗВЕЗД. АСТРОНОМИЯ, 1980

УДК 522.43

В. А. Г е д р о в и ц  
АО ЛГУ им. П. Стучки

ПРИМЕНЕНИЯ ЭВМ I5 ВСМ-5 ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ  
АСТРОНОМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

В последние годы все шире находят применение настольные вычислительные машины. Их используют как для проведения разных вычислений, так и для управления различными процессами. В телескопостроении технически сложный круг вопросов связан с автоматизацией процесса наблюдений. Применение вычислительных устройств дает возможность повысить надежность и устойчивость функционирования данной системы управления, а также упростить схемотехническое решение. Кроме того, появляется возможность построения систем управления более сложным алгоритмом функционирования. В данной статье рассматривается несколько блоксхем узлов автоматизированного телескопа с применением специализированного вычислительного устройства I5 ВСМ-5. Устройство I5 ВСМ-5 предназначено для построения автоматизированных систем контроля и управления. Для этого ЭВМ имеет цифровой ввод и вывод информации.

В представленных ниже блоксхемах применяется серийно-параллельный обмен информации с общими шинами /I/. Это является оптимальным способом организации связи для данной ЭВМ, дающий возможность работать с достаточно высокой скоростью обмена и параллельно включенными периферийными устройствами. Установление связи между центральным звеном ЭВМ I5 ВСМ-5 и каким-либо периферийным устройством происходит при выполнении команды с кодом 0410. Под периферийным устройством понимается любой счетчик, регистр сдвига и т.д., если тот содержит и схемы выработки

ответных синхроимпульсов и сигнала, разрешающего связь с ЭВМ по получении своего кода.

Далее рассмотрим несколько блоксхем, применяемых в автоматизации наблюдений. Одной из важнейших задач является установка инструмента в заданных углах. Это значит, что инструмент должен поворачиваться вокруг некоторой оси на определенный угол. Поворот можно осуществить с помощью соответствующих электроприводов, а отсчет угла может вестись по следующей схеме, представленной на рис.1.

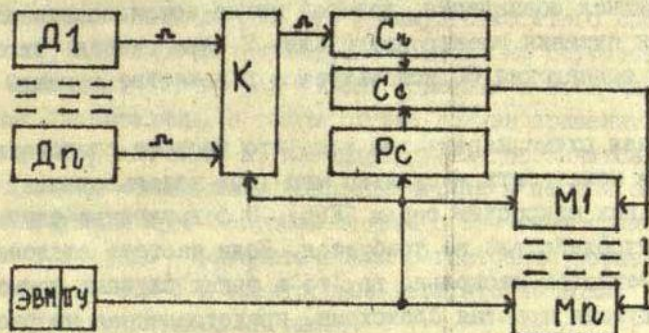


Рис.1.

$D_i$ ,  $D_n$  - датчики импульсов поворота на  $m$  градусов. Импульсы  $i$  - того датчика поступают через управляемый ЭВМ коммутатор  $K$  в счетчик  $C_ч$ . ПУ - переходное устройство ЭВМ. На регистр сдвига  $PC$  поступает информация о зарегистрированном количестве импульсов, и схема совпадения  $CC$  вырабатывает импульс остановки двигателя  $M1$ . Подпрограмма, обеспечивающая алгоритм функционирования данной блоксхемы, представлена в таблице 1. Код подпрограммы 0000, код регистра сдвига 0001, код коммутатора 00 02,  $i$ -того двигателя - 00 03. Номер  $i$ -того датчика  $D_i$  записан в регистре памяти № 11, а регистрируемое число импульсов в регистре № 10. На шагах № 000, 001 записана метка подпрограммы. Выполняя команды шагов № 002, 003, устанавливается связь информационного выхода ЭВМ с регистром сдвига  $PC$  /1/. На шагах № 004, 005, 006 происходит вызов содержания регистра памяти № 10 на регистр  $X$

с последующей выдачей этой информации на периферийное устройство (в данном случае на регистр сдвига). Такие же операции выполняются на шагах № 007 - 011, с тем отличием, что связь устанавливается с коммутатором К и записывается в нем номер  $i$ -того датчика  $D_i$ , что приводит к подключению  $D_i$  к входу счетчика Сч. На шагах № 012, 013, выполняя команду выбора периферийного устройства, ЭВМ выдает код  $i$ -того двигателя  $M_i$ . Этот код поступает на все периферийные устройства, но только на  $M_i$  вырабатывается сигнал совпадения, который можно использовать для включения питания электродвигателя. В свою очередь, сигнал со схемы совпадения СС используется в качестве команды "стоп".

Данная схема характерна тем, что частота следования импульсов может быть несколько мГц (при использовании интегральных микросхем серии ИК55). В большинстве случаев такое быстроедействие не требуется. Если частота следования не превышает несколько Гц, то в таких случаях применима следующая простая блок-схема, представленная на рис. 2 для случая с одним электродвигателем.

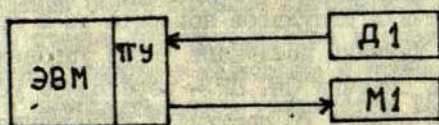


Рис.2.

Соответствующая подпрограмма представлена в таблице № 2. Код программы 00 01. Перед обращением к ней в регистр № 000 запоминающего устройства ЗУ 15 ВСМ-5 должно быть записано число импульсов. После обращения к подпрограмме 0001, на шаге № 19 происходит включение электродвигателя. На шаге № 23 ЭВМ остановится и будет ждать ответного импульса, в качестве которого можно использовать импульс с датчика угла поворота. По получении его, ЭВМ перейдет к выполнению следующей команды и в последовательности вернется обратно на шаг № 23. Весь этот цикл

повторится заданное количество раз, равное числу регистрируемых импульсов. На шагах № 29, 30 записана команда проверки условия "если  $R_{ГХ} = 0$ ". Когда это условие выполнится, ЭВМ перейдет к выполнению команды шага № 33. При выборе периферийного устройства, код которого 00 03, будет выдаваться импульс, используемый в качестве команды "стоп" для электродвигателя. Машинное время одного цикла < 10 мсек, если подпрограмма записана в ЗУ на шагах не старше № 100 /2/. Это значит, что частота следования импульсов может быть до 100 гц. Преимущество этого способа: простота, надежность и небольшие расходы на осуществление его. Очевидно, что второй способ применим и в случае со многими двигателями. В таком случае должен применяться коммутатор датчиков К, а подпрограмма дополняется соответствующими командами управления им, как в первом способе.

Следующий круг вопросов связан с отсчетом времени. В первую очередь - автоматическая регистрация времени. Используя И5 ВСМ-5 и электронные часы, это возможно по схеме, представленной на рис.3.

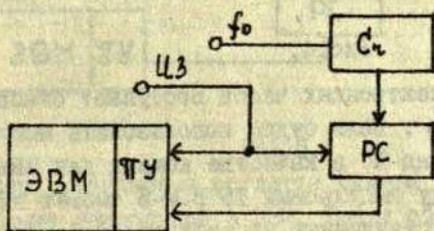


Рис.3.

СЧ - счетчик электронных часов, ИЗ - импульс записи состояния СЧ в регистр сдвига - РС (должна быть обеспечена синхронизация с опорной частотой  $f_0$ ). От РС информация поступает в ЭВМ для дальнейшей обработки по программе с кодом 0002 (табл.3). Команда приема информации выполняется после получения ИЗ на шаге № 40. Номер регистра, принимающего информацию, записан в регистр ЗУ № 000. Число записываемых моментов - в № 001. Представленная блок-схема обеспечивает регистрацию моментов времени через каждые

10 мсек. Точность зависит от конкретного исполнения блок-схемы. Используя интегральные микросхемы ИК55 обеспечение микросекундной точности не является проблемой.

Для того чтобы образовать схему выдачи сигналов совпадения по времени, необходимо в предложенной блок-схеме (рис.3) между счетчиком Сч и регистром сдвига РС включить схему совпадения кодов и информацию о регистрируемом моменте времени выписывать из ЭВМ в РС. По такой блок-схеме импульсы совпадения могут выдаваться также с микросекундной точностью через каждые 10 мсек.

В некоторых случаях не требуется столь высокая частота следования и точность импульсов совпадения. В таких случаях применима следующая блок-схема (рис.4).

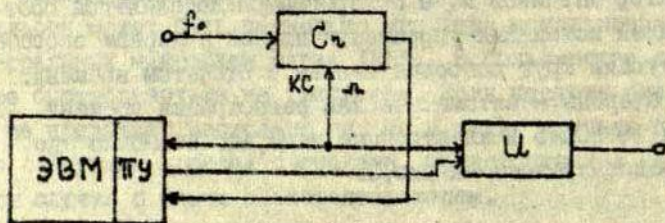


Рис.4.

На счетчик электронных часов поступает стабильная опорная частота  $f_0$ . Если будем использовать импульсы десятков миллисекунд КС в качестве команд для ЭВМ, то за время 10 мсек между импульсами I5 ВСМ-5 сможет выполнить подпрограмму, представленную на таблице 4. Код программы 00 03. После получения КС на шаге № 061 происходит счет Сч, начиная с декад десятков миллисекунд. Далее ЭВМ продолжает выполнение программы до шага № 65. Если выполнится условие, то при выборе периферийного устройства с кодом 00 06 будет вылаваться разрешающий сигнал на схему И. Таким образом, следующий КС пройдет схему И с микросекундной точностью фронта (в зависимости от точности синхронизации) и его можно использовать в качестве сигнала совпадения. Данная блок-схема более проста, надежнее и требует меньших расходов на ее осуществление.

Часто в АСУ требуется генерация импульсов с меняемой частотой следования с точностью до многих знаков. В аналоговой технике, с точки зрения электроники, это практически неосуществимо. Но, используя импульсные счетчики, это довольно просто /3/. В данном случае предлагается несколько иной способ. Суть его заключается в следующем. Если коэффициент пересчета счетчика Сч N, то выходной импульс ИК (рис. 5) имеет временное расстояние от первого входного импульса  $T = \frac{N-n}{f_0}$ , при условии, что формирование ИК происходит при заполненном счетчике и опорная частота  $f_0$  не меняется. n - число, соответствующее начальному состоянию Сч. Импульс ИК можно использовать и для формирования очередного импульса записи числа в Сч, только процесс записи должен заканчиваться до поступления следующего входного импульса.

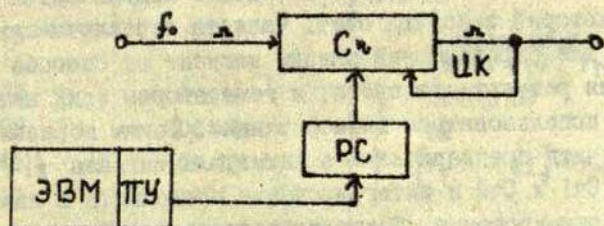


Рис. 5.

Число, хранимое в регистре сдвига РС может меняться по программе записанной в ЭВМ. Таким образом получаем не только трудноосуществимые коэффициенты пересчета, но и главное - легко меняемые, причем, в зависимости от программы, по разным функциональным зависимостям.

Подпрограмма записи в регистр сдвига представлена на таблице 5. Код программы 00 04, код РС - 00 01, Число n хранится в регистре № 000. На шаге № 080 можно записывать код программы подготовки следующего значения. Таким образом, осуществляются любые временные интегралы или значения частоты при стабильной опорной частоте.

ЭВМ 15 ВСМ-5 применима и для автоматизации процесса регистрации звездных прохождений. Для случая применения

интегрального метода регистрации можно использовать следующую блок-схему (рис.6).

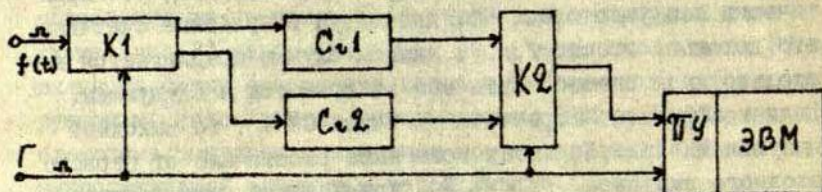


Рис.6.

$K1$ ,  $K2$  - коммутаторы,  $C1$ ,  $C2$  - счетчики импульсов. Сформированные импульсы ( $f(t)$ ) меняющейся частоты поступают поочередно в счетчики  $C1$  и  $C2$ . Коммутаторы  $K1$  и  $K2$  работают в противофазе, т.е. к ЭВМ подключается тот счетчик, который закончил счет. Частота переключающих импульсов для определенной звезды зависит от способа использования результатов счета, а генератором этих импульсов может использоваться вышеописанный. Таким образом, можно получить предварительные интегралы сигнала  $f(t)$  на счетчиках  $C1$  и  $C2$  и интегрирование продолжить в памяти ЭВМ путем суммирования. Такое устройство представляет возможность получить результаты интегрирования как по способу с восьмью счетчиками /4/, так и по другим, поскольку способ дальнейшей интеграции зависит от внутренней программы ЭВМ и может быть изменен. Преимущества данной блок-схемы в том, что не требуются многочисленные импульсные счетчики, легко осуществима, более надежна в работе. Но главное в том, что результаты интегрирования могут сразу пройти предварительную обработку.

Рассмотренные блок-схемы представляют собой основные узлы автоматизированных систем управления телескопом. Они являются более надежными, чем соответствующие схемы на дискретных элементах и имеют широкие функциональные возможности. Если включить параллельно представленные устройства, то они образуют систему, обеспечивающую автоматизированный процесс наблюдений. Необходимую числовую ин-

формаций можно вводить в ЭВМ или рассчитывать на месте перед наблюдениями и хранить во внешнем запоминающем устройстве. Таким образом на базе настольной ЭВМ с представленными устройствами можно образовать комплексную систему, обеспечивающую расчет эфемерид, проведение автоматического наблюдения и обработку результатов.

Таблица I

№ шага.	Код ком.	Примечания
000	04 08	Метка
001	00 00	■ программы
002	04 10	} Выбор ПУс
003	00 01	
004	04 05	} [P <sub>Г</sub> П(10)] → P <sub>Г</sub> X
005	00 10	
006	10 00	Порядковый вывод P <sub>Г</sub> X, P <sub>Г</sub> Y
007	04 10	} Выбор ПУ
008	00 02	
009	04 05	} [P <sub>Г</sub> П (11)] → P <sub>Г</sub> X
010	00 11	
011	10 00	Вывод P <sub>Г</sub> X, P <sub>Г</sub> Y
012	04 10	} Выбор ПУ
013	00 03	
014	04 07	Поиск
015	yy xx	

Таблица 2

№ шага	Код ком.	Примечания
016	04 08	Метка
017	00 01	■ программы
018	04 10	} Выбор ПУс
019	00 02	
020	04 08	Метка

№ шага	Код ком.	Примечания
021	00 05	№ программы
022	04 10	} Выбор ПУ
023	00 00	
024	07 01	$I \rightarrow R_{ГX}$
025	04 01	} $[R_{Г} (CO)] - [R_{ГX}] \rightarrow$
026	00 00	
027	04 05	} $[R_{Г} П (CO)] \rightarrow$
028	00 00	
029	04 12	} если $x = 0$
030	06 11	
031	04 07	} Поиск программы
032	00 05	
033	04 10	} Выбор ПУ
034	00 03	
035	04 07	} Поиск
036	уу хх	

Таблица 3

№ шага	Код ком.	Примечания
037	04 08	Метка $P_r$ . № 02
038	00 02	} Выбор ПУ 04
039	04 10	
040	00 04	
041	11 01	Поразрядный прием инф. в $R_{ГX}$ , $R_{ГY}$
042	04 15	} $[R_{ГП} (CO)] \rightarrow$
043	00 00	
044	05 04	$[R_{ГX}] \rightarrow R_{Г} П (Y)$
045	07 01	$I \rightarrow R_{Г} X$
046	04 00	} $[R_{Г} X] + [R_{ГП} (CO)] \rightarrow$
047	00 00	

№ шага	Код ком.	Примечания
048	04 01	} $[P_{\Gamma} \Pi (01)] - [P_{\Gamma} X] \rightarrow$
049	00 01	
050	04 15	} $[P_{\Gamma} \Pi (01)] \rightarrow$
051	00 01	
052	04 12	} Если $y = 0$
053	04 11	
054	04 07	} Поиск прогр. № 02
055	00 02	
056	04 07	Поиск
057	yy xx	

Таблица 4

№ шага	Код ком.	Примечания
058	04 08	Метка
059	00 03	№прогр.
060	04 10	} Выбор ПУ
061	00 05	
062	11 01	$[ПУ] \rightarrow P_{\Gamma} X$
063	04 15	} $[P_{\Gamma} \Pi (00)] \rightarrow$
064	00 00	
065	05 09	Если $y = x$
066	04 07	} Поиск пр.
067	00 03	
068	04 10	} Выбор ПУ 03
069	00 06	
070	04 07	Поиск
071	yy xx	

№ шага	Код ком.	Примечания.
072	04 08	Метка
073	00 04	Е 04
074	04 10	} Выбор ПУ 01
075	00 01	
076	04 05	} [P <sub>Г</sub> П (00)] →
077	00 00	
078	10 00	[P <sub>Г</sub> X] → ПУ
079	04 07	} Поиск
080	уу хх	

## Л и т е р а т у р а

1. Richert U. IEO-BUS-Interface für Prozessrechner. *Elektronik*. 1976, N. 12.
2. Устройство специализированное управляющее вычислительное I5 ВСМ-5. Техническое описание МЗ,857. 044. 1973.
3. Огриньш М.П. О настройке генератора меток устройства для определения среднего момента прохождения звезд. - Уч. зап. ДУ им. П. Стучки, Рига, 1973, т. 190, вып. 9, с. 64.
4. Абеле М.К. Фотоэлектрический отражательный зенитный телескоп для наблюдений звезд при равных высотах. - Уч. зап. ДУ им. П. Стучки. Рига, 1969, т. 121, вып. 4, с. 49.

## Р е з ю м е

В.А. Г е д р о в и ц

ПРИМЕНЕНИЯ ЭВМ I5 ВСМ-5 ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ  
АСТРОНОМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Рассмотрены возможности применения специализированного вычислительного устройства I5 ВСМ-5 для автоматизации процессов поворота астрономического инструмента, регистрации времени, генерации высокоточных колебаний и регистрации звездных прохождений. Приведены соответствующие блок-схемы и принципы их работы.

**K o p s a v i l k u m s**

**V. G e d r o v i c s**

**ESM 15 BOM-5 PIELIETOŠANA ASTRONOMISKO  
NOVĒROJUMU AUTOMATIZĀCIJĀ**

Aplūkotas iespējas izmantot specializēto skaitļošanas ierīci 15 BOM-5, automatizējot astronomiskā instrumenta pagriešanas, laika registrācijas, augstas precizitātes signālu generēšanas un zvaigžņu tranzītmomentu registrācijas procesos. Analizētas attiecīgās blokshēmas un to darbības principi.

**S u m m a r y**

**V. G e d r o v i c s**

**THE 15 BOM-5 DESK-TOP COMPUTER AS A CONTROL UNIT  
FOR ASTRONOMICAL INSTRUMENTS**

Application possibilities of the 15 BOM-5 desk-top computer for the pointing of an astronomical instrument, as well as time registration, high-accuracy signal generation and star transit registration are discussed. Block diagrams of the required interfaces and their functioning are analyzed in some detail.

ЛАТВИЙСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. П. СТУЧКИ  
АВТОМАТИЧЕСКАЯ РЕГИСТРАЦИЯ МОМЕНТОВ  
ПРОХОЖДЕНИЯ ЗВЕЗД. АСТРОНОМИЯ, 1980

УДК 522,62

В. А. Г е д р о в и ч  
АО ЛГУ им. П. Стучки

РАСЧЕТ ВИДИМЫХ МЕСТ ЗВЕЗД ПРИ ПОДГОТОВКЕ ЭФЕМЕРИД  
ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ НА ЗЕНИТНОМ ТЕЛЕСКОПЕ

В Астрономической обсерватории Латвийского государственного университета для управления зенитным телескопом применяется вычислительное устройство И5 ВСМ-5. [1]. Одной из сложнейших задач при подготовке эфемерид является расчет видимых мест звезд. Рассмотрим возможность запрограммирования расчета видимых мест по следующим формулам [3] :

$$\begin{aligned} \Delta\alpha_0 &= (A+A')\alpha + (B+B')\beta + Cc + Dd + E\mu\tau + \Delta\alpha\tau, \\ \Delta\delta_0 &= (A+A')\alpha' + (B+B')\beta' + C'c' + D'd' + \mu\delta\tau + \Delta\delta\tau. \end{aligned} \quad (1)$$

Члены второго порядка можно вычислить по формулам Фабрициуса. Таким образом, для расчетов не требуется вводить постоянные  $\mathcal{F}_\alpha$ ,  $\mathcal{F}_\delta$  и в последовательности их интерполировать. Это является оптимальным вариантом для этого способа расчета.

ЭВМ И5 ВСМ-5 имеет внутреннее запоминающее устройство (ЗУ) емкостью 120 регистров /1/. Это составляет 120 двенадцатизначных чисел, или 960 шагов программы, что недостаточно для данной программы. Следовательно, надо использовать и внешнее запоминающее устройство (ВЗУ). В качестве такового может использоваться Н5МЗ 853 в разных его исполнениях. Н5МЗ 853001-0112 имеет 3 модуля памяти емкостью 128 регистров каждый. Н5МЗ 853001 имеет 4 модуля памяти.

Необходимые для расчета редукционные постоянные  $A+A'$ ,  $B+B'$ ,  $C, D$  даются в ежегодниках пятизначными. Вместе со знаком они будут занимать 6 позиций каждый. Поскольку

регистр памяти является двенадцатизначным, то можно в каждом записывать по две редуцированных постоянных. Таким образом, уплотненный массив для одного месяца будет занимать 102 регистра. Прямоугольные координаты Солнца тоже могут быть взяты пятизначными, если интерполирование ведется линейно и, следовательно, их тоже можно уплотнять в упомянутом виде. Кроме того, для одного месяца 32 регистра будет занимать звездное время. В общей сложности для хранения постоянных необходимо 166 регистров ВЗУ. Средние координаты звезд целесообразно хранить на магнитной ленте и записывать в ВЗУ по группам с помощью подпрограмм поиска. При интерполировании редуцированных постоянных с использованием вторых и третьих разностей, а  $X, Y$  линейно, программа расчета видимых мест звезд на ЭВМ I5 ВСМ-5 составляет около 1400 шагов.

Составленная нами программа состоит из управляющей программы и нескольких подпрограмм. В первую очередь происходит считывание средних координат с магнитной ленты и их идентифицирование. Следующая подпрограмма выполняет расчет коэффициентов  $a, b, c, d, a', b', c', d'$  и аргумента интерполяции. Далее ведется интерполирование редуцированных постоянных, умножение, учет влияния собственного движения и параллакса. В последнюю очередь одна из подпрограмм учитывает члены второго порядка и подготавливает регистры памяти к расчету видимого места следующей звезды. Кроме основных подпрограмм имеются дежурные подпрограммы низшего уровня, как, например, подпрограммы перевода числа из одной системы счисления в другую, используемые несколькими подпрограммами высшего уровня.

Точность расчетов для звезд с параллаксом  $\pi'' < 0''$ , I не хуже  $\pm 0,25$  мсек. Такая программа в ЗУ не помещается. Она хранится в ВЗУ, а в ЗУ I5 ВСМ-5 только программа управления подпрограммами.

Если расчеты будут вестись погруппно по 5 звезд в каждой, то эфемериды одной такой группы будут занимать 15 регистров ВЗУ (с применением уплотнения). Результаты  $\alpha_{h_0}, \delta_{h_0}$  - не более 20 регистров. Для размещения интерполированных редуцированных постоянных и коэффициентов  $a, b,$

$c, d, a', b', c', d'$  требуется еще около 30 регистров. В общей сложности будут заняты  $\approx$  250 регистров ВЗУ, плюс 170 регистров с программой. Это вполне вмещается в упомянутом четырехмодульном ВЗУ. Если имеется в распоряжении ВЗУ только с тремя модулями памяти, то оно помещается, если исключить расчет влияния параллакса на видимое место звезды, что в некоторых случаях допустимо. Если этот расчет необходим, то приходится уменьшать количество хранимых редуцированных постоянных и вводить их только для одной недели. Здесь подразумевается, что все постоянные и программа длительное время хранятся записанными на магнитной ленте, также как и средние места звезд.

Если вводятся постоянные только для одной недели, то оставшиеся свободные регистры можно использовать для хранения средних мест еще одной группы звезд. Так делается и в нашем варианте. После ввода постоянных и программ в магнитофон ЭВМ вставляется кассета с средними

местами звезд. Далее в ЭВМ вводится дата, начальный и конечный номера звезд и команда начать расчет. Описанную программу I5 ВСМ-5 с трехмодульным внешним запоминающим устройством для одного дня группе состоящей из десяти звезд, выполняет  $\approx$  за 6 минут. Это время зависит еще от количества индикаций промежуточных результатов, а также от длительности поиска начального номера звезды. Таким образом могут быть расхождения от указанного времени на несколько минут.

Описанную программу удобно использовать для таких случаев, когда число звезд небольшое - несколько десятков. Это имеет место в случае зенитного телескопа. В этом случае наиболее ярко проявляются преимущества и значение ЭВМ как центрального звена автоматизированного инструмента в процессе наблюдений, подготовке эфемерид и предварительной обработке результатов.

#### Л и т е р а т у р а

1. Устройство специализированное управляющее вычислительное I5 ВСМ-5. Техническое описание. 1973.

2. Устройство внешнее запоминающее. Техническое описание, ИСМЗ. 7853 001. 1973.
3. Загребин Д.В. Введение в астрометрию. Наука, М.; Л., 1966, гл. VIII.

Р е з ю м е

В. А. Г е д р о в и ц

РАСЧЕТ ВИДИМЫХ МЕСТ ЗВЕЗД ПРИ ПОДГОТОВКЕ ЭФЕМЕРИД  
ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ НА ЗЕНИТНОМ ТЕЛЕСКОПЕ

Показано, что вычислительное устройство 15 ВСМ-5 можно использовать для вычисления видимых мест звезд для наблюдений на зенитном телескопе.

К о р в а v i l k u m a

V. G e d r o v i c s

ZVAIGŽŅU REDZAMO VIETU APRĒĶINĀŠANA, SAGATAVOJOT  
EFEMERIDAS NOVĒROJUMIEM AR ZENĪTTELESKOPU

Parādīts, ka specializēto skaitļošanas ierīci 15BCM-5 var izmantot, aprēķinot zvaigžņu redzamās vietas novērojumiem ar zenītteleskopu.

S u m m a r y

V. G e d r o v i c s

COMPUTATION OF APPARENT PLACES OF THE STARS FOR  
ZENITH TUBE OBSERVATIONS

The 15BCM-5 desk-top computer has been found to be sufficient for computation of the apparent places of stars. A program for this purpose has been developed.

ЛАТВИЙСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. П. СТУЧКИ  
АВТОМАТИЧЕСКАЯ РЕГИСТРАЦИЯ МОМЕНТОВ  
ПРОХОЖДЕНИЯ ЗВЕЗД. АСТРОНОМИЯ, 1980

УДК 621.855.2

А. В. Швейц  
Р. К. Калнинь  
РПИ, РНИИМП

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЗВЕЗДОЧКИ

Часть II

Во второй части статьи [I] проводим анализ поэтапных выражений дифференциальных уравнений движения масс измерительной звездочки.

Дифференциальные уравнения на II-м этапе (ситуация, когда в зацепление заходит второй шарнир) имеют вид:

$$m_1 \ddot{x}_{12} = -T_{12} \cos \varphi_1 + T_2 \cos \varphi_2 - c_1(x_{11k} + x_{12} + \Delta_1), \quad (1)$$

$$m_1 \ddot{x}_{12} + m_2 \ddot{x}_{22} = -c_2(x_{11k} + x_{12} + x_{22} + \Delta_2) - T_{22} \cos \varphi_2 + S \cos \alpha. \quad (2)$$

Аналогично I-у этапу, систему линеаризируют и по методу неопределенных коэффициентов определяют коэффициенты при степенях  $t$ .

Дифференциальное уравнение на I-м этапе составлено с пренебрежением силы трения. Однако на II-м этапе ввиду существенных изменений угла  $\varphi_2$  и так как  $\dot{\varphi}_{\varphi=0} = \infty$ , учитываем силу трения. Математическая модель процесса колебаний  $x(t)$  становится более реальной и  $\dot{\varphi}_{\varphi=0}$  принимает конечные значения.

Сила трения только изменяет условия равновесия шарниров.

Вычисления показали, что коэффициенты при  $x_i, t, x_i^2, t^3$  малы, и после линеаризации (1 и 2) систему линейных дифференциальных уравнений приводим к виду:

$$\left. \begin{aligned} A_1 \ddot{x}_{12} + B_1 \ddot{x}_{22} &= C_1 x_{12} + D_1 x_{22} + E_1 + F_1 t + \dots \\ A_2 \ddot{x}_{12} + B_2 \ddot{x}_{22} &= C_2 x_{12} + D_2 x_{22} + E_2 + F_2 t + \dots \end{aligned} \right\} (3)$$

где  $A_i, B_i, C_i, D_i, E_i, F_i, (i = 1, 2)$  - коэффициенты, не зависящие от времени, но меняющиеся от  $\varphi, m, S, \Delta, \ell_0, \kappa, C_2, C_3$ .

Решение системы (3) имеет вид

$$\left. \begin{aligned} x_{12} &= a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + a_4 t^4 + \dots \\ x_{22} &= b_2 t^2 + b_3 t^3 + b_4 t^4 + \dots \end{aligned} \right\} (4)$$

Анализ постоянных коэффициентов системы (3) показывает, что величина силы трения существенно влияет на решение системы (4). Увеличение (Коэффициент силы трения) влечет за собой уменьшение по модулю коэффициентов  $a_2$  и  $b_2$ . Это значит, что перемещение  $x_1|_{t=t_0}$  при увеличении коэффициента трения уменьшается, а  $x_2|_{t=t_0}$  - увеличивается.

Дифференциальные уравнения на III-м этапе (рис. I)

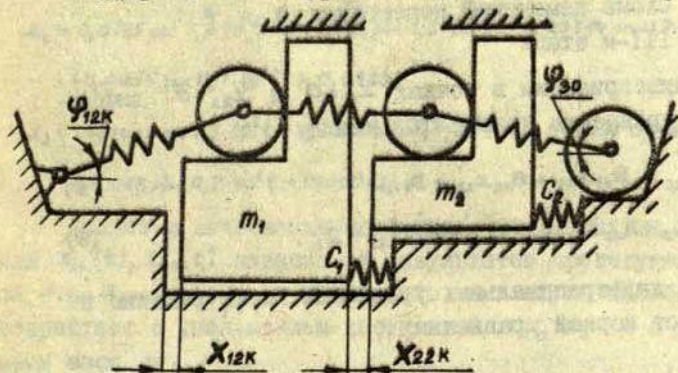


Рис. I. Схема исходного состояния III-го этапа исследования

имеют вид:

$$m_1 \ddot{x}_{13} = -C_1 (x_{11k} + x_{12k} + x_{13} + \Delta_1) - T_{13} \cos \varphi_{13} + T_{23} \cos \varphi_{23}, \quad (5)$$

$$m_2 (\ddot{x}_{13} + \ddot{x}_{23}) = -C_2 (x_{11k} + x_{12k} + x_{22k} + x_{13} + x_{23} + \Delta_2) - T_{23} \cos \varphi_{23} + T_{33} \cos \varphi_{33}. \quad (6)$$

На III-м этапе звенья со своими шарнирами полностью вошли в зацепление, и принимается, что перемещения шарниров относительно зубьев не происходят. В связи с этим условия равновесия шарниров

$$l_{i3}^2(t) = C_i^2 + \left[ x_{i3}(t) + (x_{i0} + \sum_{j=1}^2 x_{ijk}) \right]^2, \quad (7)$$

где

$$C_i^2 = l_{i2k}^2 - (x_{i0} + \sum_{j=1}^2 x_{ijk})^2$$

согласно рис.2

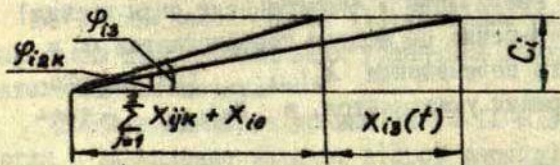


Рис.2. Схема изменений переменных  $x$  и  $y$  на III-м этапе.

После линеаризации в точках  $x_{i3} = 0$  и  $x_{23} = 0$  дифференциальное уравнение приводится к виду

$$A_{11} \ddot{x}_{i3} = B_{11} x_{i3} + B_{12} x_{23} + D_1, \quad (8)$$

$$A_{21} \ddot{x}_{i3} + A_{22} \ddot{x}_{23} = B_{21} x_{i3} + B_{22} x_{23} + D_2. \quad (9)$$

Система дифференциальных уравнений имеет решение в зависимости от корней уравнения

$$\begin{vmatrix} A_{11} \tau^2 + B_{11} & A_{21} \tau^2 + B_{21} \\ A_{12} \tau^2 + B_{21} & A_{22} \tau^2 + B_{22} \end{vmatrix} = 0, \quad (10)$$

где  $\tau$  - корень характеристического уравнения. Конкретное решение дифференциальных уравнений имеет комплексно сопряженные корни

$$r_{1,2} = \pm i\beta_1, \quad r_{3,4} = \pm i\beta_2. \quad (11)$$

В таких случаях решение представляется в виде

$$x_{13} = a_1 \cos \beta_1 t + b_1 \sin \beta_1 t + c_1 \cos \beta_2 t + e_1 \sin \beta_2 t + g_1, \quad (12)$$

$$x_{23} = a_2 \cos \beta_1 t + b_2 \sin \beta_1 t + d_2 \cos \beta_2 t + e_2 \sin \beta_2 t + g_2. \quad (13)$$

Коэффициенты  $a_1, b_1, c_1, e_1$  и  $a_2, b_2, d_2, e_2$  определяются из начальных условий, а  $g_1, g_2$  из уравнений

$$B_{11}g_1 + B_{12}g_2 = D_1 \quad \text{и} \quad B_{21}g_1 + B_{22}g_2 = D_2.$$

Анализ коэффициентов  $B_{ij} = B_{ij}(c_2, c_3)$  характеристического уравнения (10) показывает, что корни уравнения изменяются от величины жесткостей  $C_3$  и  $C_2$ , а на частоты  $\beta_1, \beta_2$  существенно не влияют результаты предыдущего этапа.

Перемещения  $x_{13}$  и  $x_{23}$  на III этапе, вычисленные при  $c_1 = c_2 = 200, c_3 = 7,5 \cdot 10^4$ , имеют вид

$$x_1 = 0,0135 \cos 1,3 \cdot 10^3 t - 0,0022 \sin 1,3 \cdot 10^3 t - 0,00314 \cos 0,7 \cdot 10^3 t + 0,0055 \sin 0,7 \cdot 10^3 t + 0,0103, \quad (14)$$

$$x_2 = -0,0002 \cos 1,3 \cdot 10^3 t + 0,0000 \sin 1,3 \cdot 10^3 t + 0,007 \cos 0,7 \cdot 10^3 t + 0,012 \sin 0,7 \cdot 10^3 t + 0,00712. \quad (15)$$

Анализ и вычисления показали, что амплитуда колебаний  $x_{13}(t), x_{23}(t)$  зависит от результатов предыдущего этапа  $x_{12k}, x_{22k}, x_{12k}, x_{22k}$  и, кроме того, амплитуда колебаний возрастает с уменьшением жесткостей  $c_1, c_2$  и с увеличением масс  $m_1, m_2$ .

На рис. 3 представлены сводные теоретические и экспериментальные результаты исследования функционирования измерительной звездочки. Экспериментальные результаты получены высокоскоростным фотографированием [3] при частоте съемки 15000 кадр/с. Выделена наиболее выгодная зона измерения величин шагов звеньев цепи, т.е. зона, когда подвижные зубья относительно мало подвижны.

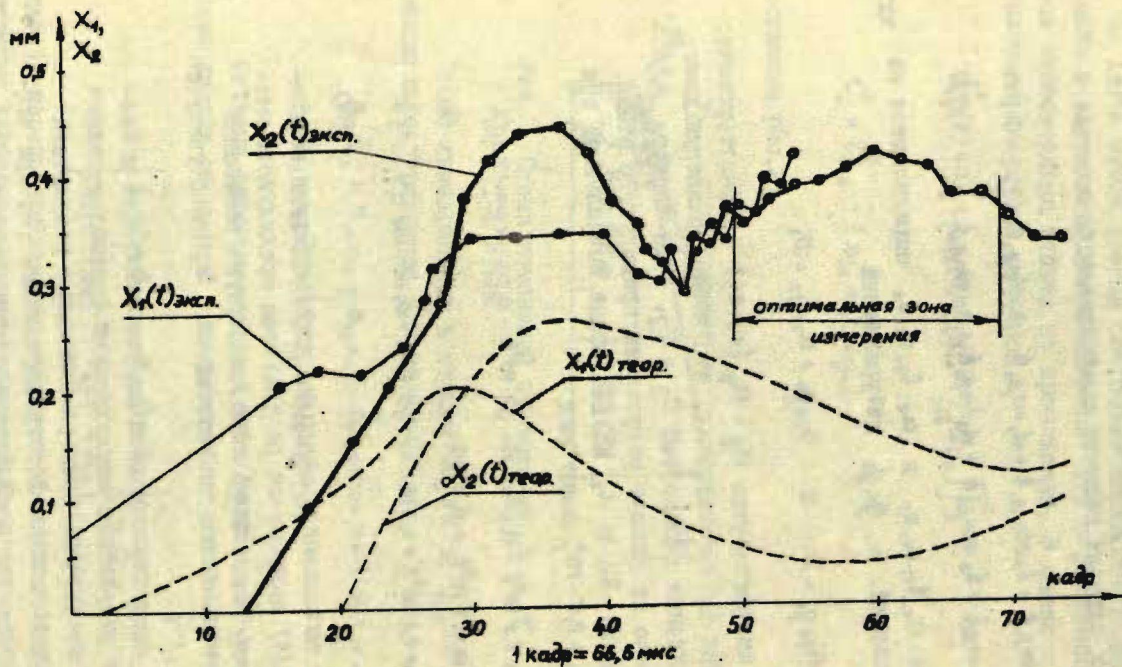


Рис. 3. Результаты динамического исследования функционирования измерительной звездочки.

Точность измерения шагов звеньев цепи можно повысить, увеличивая жесткость упругих элементов и минимизируя массу подвижных зубьев. Эти рекомендации учтены при создании конструкции измерительной звездочки [2].

### Л и т е р а т у р а

1. Швейц А.В., Калнинь Р.К. Исследование динамики функционирования измерительной звездочки. - В кн.: *Астрономия. Численные эксперименты в небесной механике и астрометрии. Межведомств. сб. научн. трудов.* Рига, ЛГУ, 1978, с. 85.
2. Швейц А.В.; Салениекс Н.К. Измерительная звездочка. Авт. свид. № 391311 - *Бюллетень изобр. Открытия, изобретения и товарные знаки*, 1973, № 31.
3. Клявиньш А.Р., Мазайс Я.Р., Салениекс Н.К. Высокоскоростное фотографирование быстродействующих механизмов установкой СФР-Д-1. - *Тезисы докладов ВНТК. Современное состояние и перспективы высокоскоростной фотографии и кинематографии и метрологии быстродействующих процессов.* М., 1972.

### Р е з ю м е

А. В. Швейц

Р. К. Калнинь

### ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЗВЕЗДОЧКИ

#### Ча с т ь II

В статье в качестве примера показано моделирование колебательной системы с поэтапным анализом дифференциальных уравнений движения масс. Кроме того, представлены некоторые конструктивные рекомендации, повышающие точность измерения конкретной измерительной (колебательной) системы. Аналогично может быть проанализировано функционирование пассажных инструментов в автоматическом режиме отслеживания.

K o p s a v i l k u m s

A. Š v e i c s

R. K a l n i a

MĒRZVAIGZNĪTES DINAMISKĀS DARBĪBAS PĒTĪŠANA

II daļa

Rakstā parādīta svārstību sistēmas darbības modelēšana ar pakāpenisku masu kustības diferenciālvienādojumu analīzi un kuras rezultātā dotas dažas konstruktīvas rekomendācijas, kas uzlabo konkrētās mērīšanas sistēmas mērījumu precizitāti. Līdzīgā veidā var tikt izanalizēta pasāžas instrumentu funkcionēšana automātiskā sekošanas režīmā.

S u m m a r y

A. Š v e i c s

R. K a l n i a

INVESTIGATION OF FUNCTIONING DYNAMICS

OF CONTROL CHAIN WHEEL

P a r t II

Modeling of an oscillation system's action using the gradual mass-transfer differential equation has been demonstrated. Some resultant constructive recommendations which improve precision of measurements of the system have been given. In the same way functioning of the passage device in automatic following regime can be analysed.

С о д е р ж а н и е

1. К.А.Штейнс. Обобщенный метод определения моментов прохождения звезд с учетом выбросов . . . . .	3
2. Ойдов Дан-Аа. Регистрация моментов прохождений звезд на нескольких уровнях . . . . .	26
3. К.А.Штейнс, Э.Я.Каупуш, А.В.Иванов. Ошибка яркости в астрономических определениях времени ЛГУ им.П.Стучки.	70
4. К.А.Штейнс, М.П.Огриньш, А.В.Иванов. Запаздывание фотоэлектрической установки при ограничении сигнала . . . . .	75
5. Г.М.Бичевска, А.В.Иванов. Об устойчивости азимута при автоматической установке трубы пассажного инструмента по зенитному расстоянию . . . . .	81
6. А.В.Иванов, М.П.Огриньш. Установка регистрации моментов прохождения звезд с учетом выбросов с выводом на ЭВМ . . . . .	85
7. В.А.Гедровиц. Применения ЭВМ И5 ВСМ-5 для автоматизации астрономических наблюдений . . . . .	100
8. В.А.Гедровиц. Расчет видимых мест звезд при подготовке эфемерид для наблюдений на зенитном телескопе . . . . .	112
9. А.В.Швейц, Р.К.Калнинь. Исследование динамики функционирования измерительной звездочки . . . . .	116

C o n t e n t s

1. K.Šteins. A generalized method of determination of star transits accounting for accidental ejections . . . . .	3
2. Oidov Dan-Aa. Registration of star transit moments on several levels . . . . .	26
3. K.Šteins, E.Kaupuša, A.Ivanovs. The brightness error of the astronomical time determinations of the Latvian State University . . . . .	70
4. K.Šteins, M.Ogrinš, A.Ivanovs. Time lag of the signals with restricted amplitude of a photoelectric device. . . . .	75

5. G. Bičevska, A. Ivanovs. On the stability of the azimuthal alignment of a transit instrument in the case of automatic tube elevation control .....81
6. A. Ivanovs, M. Ogriņš. Star transit moment registration device with multiple contact processing capability and direct information transfer to a computer..86
7. V. Gedrovics. The 15 BCM-5 desk-top computer as a control unit for astronomical instruments .....100
8. V. Gedrovics. Computation of apparent places of the stars for zenith tube observations .....112
9. A. Šveics, R. Kalniņa. Investigation of functioning dynamics of control chain-wheel .....116

## А С Т Р О Н О М И Я

### АВТОМАТИЧЕСКАЯ РЕГИСТРАЦИЯ МОМЕНТОВ ПРОХОЖДЕНИЯ ЗВЕЗД Межведомственный сборник научных трудов

Редактор Р. Довгополова  
Технический редактор И. Рунгаине  
Корректор П. Розенберг

---

Подписано к печати 14.01.1980. ЯТ 12008. Ф/б 60x84/16.  
Бумага №1. 8,0 физ. печ. л. 7,4 усл. печ. л. 5,9 уч.-изд. л.  
Тираж 400 экз. Зак. № 166. Цена 59 к.

---

Латвийский государственный университет им. П. Стучки  
Рига 226098, б. Райниса, 19  
Отпечатано на ротационной машине, Рига 226050, ул. Вейденбаума, 5  
Латвийский государственный университет им. П. Стучки