

## ИССЛЕДОВАНИЕ КВАРЦЕВЫХ ЧАСОВ УНИВЕРСАЛЬНОГО ПОЛЕВОГО ХРОНОРЕГИСТРАТОРА

Универсальный полевой хронорегистратор (УПХ) для астрономических определений разработан во Львовском политехническом институте на базе программного хронорегистратора ППХ-75 [1]. Это малогабаритный многофункциональный прибор с цифровой десятичной индикацией измеряемых величин, обеспечивающий функции хронометра, хронографа и устройств приема радиосигналов точного времени при выполнении астрономических наблюдений визуальным и фотографическим методами.

Кварцевые часы УПХ предназначены для воспроизводства и хранения стабильной шкалы рабочего времени. Главное достоинство часов и хронометров — постоянство их хода; важны также малая зависимость хода от условий окружающей среды и нечувствительность к тряске и вибрациям в процессе работы и при транспортировке. Всем перечисленным требованиям отвечают кварцевые часы и хронометры, поступающие на производство взамен механических, которые «следует категорически запретить при высокоточных долготных и азимутальных определениях» [6].

Критерием стабильности хода часов и хронометров является среднее квадратическое колебание их хода  $m$ , вычисляемое по формуле [4, 5]

$$m = \sqrt{\frac{[V_i^2]}{n-1}},$$

где  $V_i$  — уклонение  $i$ -го хода от среднего;  $n$  — число ходов, принятых для вывода среднего.

Часто качественную оценку стабильности шкалы времени в случайном отношении выражают средней квадратической вариацией хода  $\delta$ , вычисляемой по формуле [4]

$$\delta = \sqrt{\frac{[(\omega_{i+1} - \omega_i)^2]}{n}},$$

где в числителе подкоренного выражения — сумма квадратов  $n$  смежных разностей (вариаций) ходов  $\omega$ .

Специальные исследования показали [2], что колебания суточного хода часов и хронометров не характеризуют колебаний хода за более короткие промежутки времени, в частности, десятиминутные и двухчасовые, которые непосредственно используют при обработке астрономических наблюдений. Поэтому действующим Руководством [5] предусмотрено определение среднего квадратического колебания часового хода.

В настоящем исследовании выполнен комплекс измерений, связанных с определением среднего квадратического колебания и средней квадратической вариации часового хода кварцевых



часов УПХ. Часы испытывали в течение 15 дней при различной температуре окружающей среды с целью определить стабильность их хода при естественном суточном изменении температуры воздуха.

Электронные часы хронорегистратора построены на 100 кГц кварцевом резонаторе типа 11В-18ВХ100 кГц Э2 без активного термостатирования, что вызвано соображениями энергоэконо-

#### Абсолютное значение и стабильность часового хода кварцевых часов УПХ

Температурная ступень	Средняя температура воздуха, °С	Кол-во часовых ходов $n$	Абсолютное значение часового хода $\omega^h$ , с	Средн. квадр. колебание часового хода $m$ , с	Средн. квадр. вариация часового хода $\delta$ , с
I	- 7,0	7	0,085	0,004	0,004
II	- 3,8	4	0,060	0,003	0,001
III	- 2,0	4	0,056	0,003	0,003
IV	+ 0,3	5	0,042	0,002	0,002
V	+ 3,6	5	0,038	0,002	0,002
VI	+ 6,4	10	0,032	0,003	0,003
VII	+10,4	13	0,027	0,003	0,001

мичности питания прибора. Питание УПХ в полевых условиях осуществлялось от аккумуляторных батарей напряжением  $U_{пит} = 6$  В.

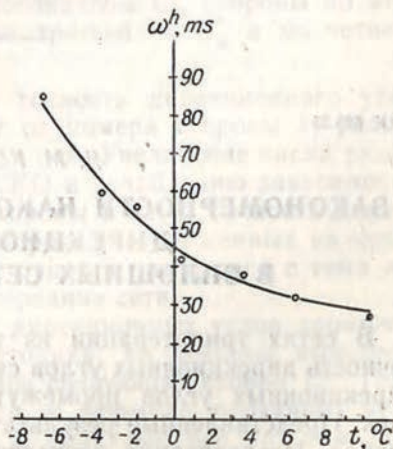
В ходе испытаний для сравнения рабочей шкалы времени УПХ со шкалой эталонного времени UTC хронорегистратор принимал секундные сигналы точного времени радиостанции РВМ через коротковолновый радиоприемник Р-311. Точность приема радиосигналов точного времени 0,001 с.

Основные задачи эксперимента следующие.

1. Исследовать значение и постоянство среднего квадратического колебания  $m$  и средней квадратической вариации  $\delta$  часового хода кварцевых часов УПХ в достаточно представительном интервале температур.

2. Определить зависимость  $m$  и  $\delta$  от напряжения питания прибора (рабочие пределы  $U_{пит}$ : 4,5... 6 В).

3. Исследовать зависимость абсолютного значения часового хода  $\omega^h$  от температуры окружающей среды.



Зависимость абсолютного значения часового хода кварцевых часов УПХ от температуры окружающей среды.

Основные количественные параметры эксперимента приведены в таблице. На рисунке показана зависимость часового хода кварцевых часов УПХ от температуры окружающего воздуха.

Для определения зависимости среднего квадратического колебания  $m$  и средней квадратической вариации  $\delta$  часового хода от напряжения питания прибора дополнительно проводился аналогичный эксперимент при  $U_{\text{пит}}=4,8$  В.

Результаты эксперимента показали, что среднее квадратическое колебание  $m$  и средняя квадратическая вариация  $\delta$  часового хода кварцевых часов УПХ при естественном суточном ходе температуры воздуха остаются постоянными, не зависят от абсолютного значения температуры и не превышают 0,004 с, что на порядок лучше предельного значения, регламентированного Руководством [3]. Среднее квадратическое колебание  $m$  и средняя квадратическая вариация  $\delta$  часового хода кварцевых часов УПХ не зависят от напряжения питания прибора (в рабочих пределах  $U_{\text{пит}}$ ). Абсолютное значение часового хода кварцевых часов УПХ зависит от температуры окружающей среды.

1. Колгунов В. М., Гончаренко Ю. Я. Полевой программный хроно-регистратор для астрономических наблюдений фотографическим способом // Геодезия и картография. 1977. № 8. С. 13—17.
2. Колупаев А. П. О требованиях к качеству хронометров и оценке их достоинства // Геодезия и картография. 1958. № 5. С. 11—14.
3. Колупаев А. П., Маузерер В. Г., Старостин А. М. Практическое руководство по геодезической астрономии // Тр. ЦНИИГАиК. 1962. Вып. 148.
4. Кузнецов А. Н. Геодезическая астрономия. М., 1966.
5. Руководство по астрономическим определениям: Геодезические, картографические инструкции, нормы и правила. М., 1984.
6. Уралов С. С. Современные проблемы геодезической астрономии // Исследования по геодезии, аэрофотосъемке и картографии. 1978. Вып. 3(1). С. 4—9.