

38.v

PĒTERA STUČKAS LATVIJAS VALSTS UNIVERSITĀTE
ЛАТВИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. ПЕТРА СТУЧКИ

**ZINĀTNISKIE RAKSTI
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ**

SĒJUMS
XXXVIII
ТОМ

RĪGA 1960 RIGA



PĒTERA STUČKAS LATVIJAS VALSTS UNIVERSITĀTE
ЛАТВИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. ПЕТРА СТУЧКИ

ASTRONOMIJA
STARPSTIEPĀS ZINĀTNISKĀ DAĻA
ZINĀTNISKIE RAKSTI
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ

SĒJUMS
XXXVIII
ТОМ



RĪGĀ 1960 РИГА

44/ 5827

1

ВЫПУСК 1

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ

Ответственный редактор:

доцент кандидат физико-математических наук

К. А. ШТЕЙНС

1957



ASTRONOMIJA

STARPTAUTISKĀ ĢEOFIZISKĀ GADA
MATERIĀLU PĒTĪJUMI

I sērija

АСТРОНОМИЯ

ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ
МЕЖДУНАРОДНОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ГОДА

Выпуск 1



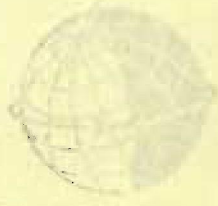
100

ASTRONOMIA

ALIA QUAE AD ASTRONOMIAM PERTINENT
A. M. DE MONTMORT

ALPHABETUM

ALPHABETUM ASTRONOMICUM
A. M. DE MONTMORT



К. А. ШТЕЙНС и Л. Ф. РОЗЕ

К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ ТОЧНОСТИ ПОПРАВК ЧАСОВ

§1. В связи с проведением работ по программе Международного Геофизического года 1957—1958, службам времени был дан ряд рекомендаций [1]. Была рекомендована программа для определения времени пассажным инструментом, по которой поправка часов вычисляется из наблюдений нескольких экваториальных звезд и около десяти зенитных звезд. Для вычисления были предложены:

- а) метод наименьших квадратов,
- б) метод Коши,
- в) графический метод,
- г) метод групп.

Так как графический метод определения поправки часов u и азимута инструмента k имеет субъективный характер, то мы его рассматривать не будем.

Во всех рассматриваемых методах u и k определяются из условных уравнений, которые имеют вид

$$u + K_i k = l_i, \quad (1)$$

где

$$K_i = \sin(\varphi - \delta_i) \sec \delta_i,$$

$$l_i = \alpha_i - T_i,$$

$i = 1, 2, \dots, n$, n — количество наблюдавшихся звезд. В T_i уже внесены поправки наклонности, суточной аберрации, и др.

По методу Коши составляется осредненное уравнение

$$u + K_{\text{ср}} k = l_{\text{ср}} \quad (2)$$

где

$$K_{\text{ср}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_i,$$

$$l_{\text{ср}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n l_i,$$

и уравнение

$$\sum_{i=1}^n \omega_i (K_i - K_{cp}) k = \sum_{i=1}^n \omega_i (l_i - l_{cp}). \quad (3)$$

$\omega_i = 1$, если $K_i - K_{cp} > 0$, (4) $\omega_i = -1$, если $K_i - K_{cp} < 0$. (5). В дальнейшем везде будем считать, что значения индекса $i=1, 2, \dots, n_1$ соответствует зенитным звездам, а значения $i=n_1+1, n_1+2, \dots, n$ — экваториальным.

По методу двух групп из условных уравнений (1) образуют два уравнения с двумя неизвестными, как средние арифметические из уравнений для экваториальных и зенитных звезд отдельно. Так как (5) имеет место только для $i=1, 2, \dots, n_1$ и (4) для $i=n_1+1, n_1+2, \dots, n$, то метод Коши и метод двух групп для описанной выше программы звезд тождественны.

Возможен и другой вариант метода групп, по которому значение азимута k вычисляется как среднее арифметическое значений k , полученных комбинируя осредненное уравнение группы зенитных звезд с каждым уравнением экваториальных звезд. В дальнейшем под методом групп будем понимать именно этот вариант.

Относительно определения средних квадратичных ошибок, характеризующих точность наблюдений по внутреннему согласию, никаких указаний не было. Поэтому разные службы времени оценивают точность своих наблюдений по разному, и становится невозможным сравнить точность определения поправок разных служб времени. Так же невозможно сравнить между собой разные методы вычисления поправок часов, на что обратил внимание Ф. Коебке [2]. В настоящей статье даются формулы для вычисления средних квадратичных ошибок для всех выше упомянутых способов обработки наблюдений на основе общих принципов теории ошибок. Кроме того приводится несколько предложений, относящихся к выбору программы звезд для определения поправок часов.

§2. Система (1) в краковянах имеет вид

$$X \cdot \tau K = l, \quad (6)$$

где

$$X = \begin{Bmatrix} u \\ k \end{Bmatrix},$$
$$\tau K = \begin{Bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ K_1 & K_2 & \dots & K_n \end{Bmatrix},$$
$$l = \tau \{ l_1 \quad l_2 \quad \dots \quad l_n \}.$$

Как правило, поправку часов определяют по наблюдениям 10—15 звезд. Так как каждая звезда дает одно уравнение си-

системы (1), то для решения системы уравнений с двумя неизвестными u и k можно применять разные методы, в которых по разному образуются два уравнения с двумя неизвестными u и k . На практике применяются только такие методы, в которых новые уравнения образуются как линейные комбинации условных уравнений (1). В матричной форме такому преобразованию уравнений соответствует умножение уравнения (6) на некоторый краковиян s . Обозначим индексом «1» краковиян, соответствующий методу наименьших квадратов, индексом «2» — видоизмененному методу наименьших квадратов, описанному М. С. Зверевым [3], по которому из каждого уравнения (1) вычитается осредненное (2) и полученная система решается относительно одного неизвестного методом наименьших квадратов. Индексом «3» — методу двух групп (или Коши) и индексом «4» — методу групп.

Имеем

$$\begin{aligned}
 s_1 &= \tau \left\{ \begin{array}{cccc} 1 & 1 & \dots & 1 \\ K_1 & K_2 & \dots & K_n \end{array} \right\}, \\
 s_2 &= \tau \left\{ \begin{array}{cccc} \frac{1}{n} & \frac{1}{n} & \dots & \frac{1}{n} \\ K_1 - K_{cp} & K_2 - K_{cp} & \dots & K_n - K_{cp} \end{array} \right\}, \\
 s_3 &= \tau \left\{ \begin{array}{cccccc} \frac{1}{n_1} & \frac{1}{n_2} & \dots & \frac{1}{n_1} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \frac{1}{n-n_1} & \frac{1}{n-n_1} & \dots & \frac{1}{n-n_1} \end{array} \right\}, \\
 &\qquad \qquad \qquad \underbrace{\hspace{10em}}_{n_1} \qquad \qquad \qquad \underbrace{\hspace{10em}}_{n-n_1} \\
 s_4 &= \tau \left\{ \begin{array}{cccc} \frac{1}{n_1} & \frac{1}{n_1} & \dots & \frac{1}{n_1} \\ \frac{\alpha}{n_1(n-n_1)} & \frac{\alpha}{n_1(n-n_1)} & \dots & \frac{\alpha}{n_1(n-n_1)} \\ 0 & 0 & \dots & 0 \\ -1 & -1 & \dots & -1 \end{array} \right\}, \\
 &\qquad \qquad \qquad \underbrace{\hspace{10em}}_{n_1} \\
 &\qquad \qquad \qquad \underbrace{\hspace{10em}}_{(n-n_1)(K_3-K_{n_1+1})} \quad \underbrace{\hspace{10em}}_{(n-n_1)(K_3-K_{n_1+2})} \quad \dots \quad \underbrace{\hspace{10em}}_{(n-n_1)(K_3-K_n)}
 \end{aligned} \tag{7}$$

где

$$K_3 = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} K_i, \quad \alpha = \sum_{i=n_1+1}^n \frac{1}{K_3 - K_i}.$$

Решение системы двух уравнений с двумя неизвестными

$$X = l[(Ks_i)^{-1} \tau s_i] = l A_i \quad (8)$$

является линейным относительно величин l_1, l_2, \dots, l_n . Следовательно квадраты средних квадратичных ошибок ϵ_u^2 и ϵ_k^2 неизвестных u и k равны суммам квадратов средних квадратичных ошибок m_i , умноженным на квадраты коэффициентов соответствующих линейных форм. Для случая $m_1 = m$

$$\begin{pmatrix} \epsilon_u^2 & * \\ \epsilon_k^2 & * \end{pmatrix} = A_1 \tau A_1 m. \quad (9)$$

Мы имеем

$$A_1 = \frac{1}{n \sum_{i=1}^n K_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n K_i \right)^2} \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^n K_i^2 - K_1 \sum_{i=1}^n K_i & - \sum_{i=1}^n K_i + nK_1 \\ \sum_{i=1}^n K_i^2 - K_2 \sum_{i=1}^n K_i & - \sum_{i=1}^n K_i + nK_2 \\ \dots & \dots \\ \sum_{i=1}^n K_i^2 - K_n \sum_{i=1}^n K_i & - \sum_{i=1}^n K_i + nK_n \end{pmatrix}, \quad (10)$$

$$A_2 = \frac{1}{\sum_{i=1}^n K_i^2 - nK_{cp}^2} \begin{pmatrix} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_i^2 - K_1 K_{cp} & K_1 - K_{cp} \\ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_i^2 - K_2 K_{cp} & K_2 - K_{cp} \\ \dots & \dots \\ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_i^2 - K_n K_{cp} & K_n - K_{cp} \end{pmatrix},$$

$$A_3 = \frac{1}{K_3 - K_3} \left\{ \begin{array}{cc} \left. \begin{array}{l} \frac{1}{n_1} K_3 \quad - \frac{1}{n_1} \\ \dots \quad \dots \\ \dots \quad \dots \\ \frac{1}{n_1} K_3 \quad - \frac{1}{n_1} \end{array} \right\} n_1 \\ \left. \begin{array}{l} - \frac{1}{n - n_1} K_3 \quad \frac{1}{n - n_1} \\ \dots \quad \dots \\ \dots \quad \dots \\ - \frac{1}{n - n_1} K_3 \quad \frac{1}{n - n_1} \end{array} \right\} n - n_1 \end{array} \right\}, \quad (10)$$

$$A_4 = \left\{ \begin{array}{cc} \left. \begin{array}{l} \frac{1}{n_1} \frac{K_3 \alpha}{n_1 (n - n_1)} \quad \frac{\alpha}{n_1 (n - n_1)} \\ \dots \quad \dots \\ \dots \quad \dots \end{array} \right\} n_1 \\ \left. \begin{array}{l} \frac{1}{n_1} \frac{K_3 \alpha}{n_1 (n - n_1)} \quad \frac{\alpha}{n_1 (n - n_1)} \\ \frac{K_3}{(n - n_1)(K_3 - K_{n_1+1})} \quad \frac{-1}{(n - n_1)(K_3 - K_{n_1+1})} \\ \frac{K_3}{(n - n_1)(K_3 - K_{n_1+2})} \quad \frac{-1}{(n - n_1)(K_3 - K_{n_1+2})} \\ \dots \quad \dots \\ \dots \quad \dots \\ \frac{K_3}{(n - n_1)(K_3 - K_n)} \quad \frac{-1}{(n - n_1)(K_3 - K_n)} \end{array} \right\},$$

где

$$K_3 = \frac{1}{n - n_1} \sum_{i=n_1+1}^n K_i.$$

Средняя квадратичная ошибка m величин l_i определяется по отклонениям v_i , где

$$v_i = l_i - u - k K_i.$$

Пусть X — значения неизвестных, которые получены решением уравнений (8), $X + \Delta X$ — истинные значения. Через $E = E(E_1, E_2, \dots, E_n)$ обозначим истинные ошибки измерений $l = l(l_1, l_2, \dots, l_n)$. Тогда

$$\{X + \Delta X\} \tau K = l + E, \quad (11)$$

$$X\tau K = l + v, \quad (12)$$

откуда

$$\Delta X\tau K = E - v. \quad (13)$$

После составления двух уравнений с двумя неизвестными получим

$$\Delta X\tau K s_i = E s_i, \quad (14)$$

$$v s_i = 0, \quad (15)$$

так как уравнения (14) решаются точно.

Из уравнений (14) следует:

$$\Delta X = E s_i (K s_i)^{-1}. \quad (16)$$

Подставляя (16) в (13), получим:

$$E s_i (K s_i)^{-1} \tau K = E - v. \quad (17)$$

После умножения (17) на $E + v$ и исключения с помощью (13) и (16) в левой части v , получим одно соотношение, связывающее $[EE]$ и $[vv]$, которое дает возможность определить $[EE]$. Как обычно это делается в теории ошибок [4], заменяя E^2 на их средние значения m^2 , получаем

$$[EE] - [vv] = E(2S)E - E(SS)E, \quad (18)$$

где

$$S = \tau s_i (K s_i)^{-1} \cdot \tau K = \tau A_i \cdot \tau K.$$

Предполагая, что истинные ошибки с положительными и отрицательными знаками встречаются одинаково часто [4] получим, что правая часть уравнения (18) содержит только квадратичные члены. Окончательно имеем

$$m^2 = \frac{[vv]}{n - 4 + [B]}, \quad (19)$$

где B — диагональные элементы краковiana (SS) , а $[B]$ — сумма квадратов всех членов матрицы S .

Подставляя значения (19) в (9) получим средние квадратичные ошибки поправок часов, соответствующие разным методам вычислений:

$$\epsilon_{u_1} = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n(n-2)}}, \quad (20)$$

$$\epsilon_{u_2} = \pm \sqrt{\frac{[vv] \sum_{i=1}^n K_i^2}{n(n-2) \sum_{i=1}^n (K_i - K_{cp})}}$$

$$\epsilon_{u_3} = \pm \sqrt{\frac{[vv] \left(\frac{1}{n_1} K_3^2 + \frac{1}{n-n_1} K_3^2 \right)}{\frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^n (K_3 - K_i)^2 + \frac{1}{n-n_1} \sum_{i=1}^n (K_3 - K_i)^2 + (n-4)(K_3 - K_3)}} \quad (20)$$

$$\epsilon_{u_4} = \pm \sqrt{\frac{[vv] \left\{ 1 - 2\alpha \cdot \frac{K_3}{n-n_1} + n_1 \cdot \frac{K_3^2}{(n-n_1)^2} \left(\beta + \frac{\alpha^2}{n_1} \right) \right\}}{n_1 (n-4+C)}}$$

где

$$C = \frac{n}{n_1} - \frac{2\alpha}{n_1(n-n_1)} \sum_{i=n_1+1}^n (K_3 - K_i) + \frac{1}{(n-n_1)^2} \sum_{i=1}^n (K_3 - K_i) \left(\beta + \frac{\alpha^2}{n_1} \right),$$

$$\alpha = \sum_{i=n_1+1}^n \frac{1}{K_3 - K_i},$$

$$\beta = \sum_{i=n_1+1}^n \frac{1}{(K_3 - K_i)^2}.$$

Если считать, что выражения (20) для определения средних квадратичных ошибок ϵ_{u_3} и ϵ_{u_4} слишком сложны и неудобны для применения на практике, то с некоторым приближением при вышеописанной программе звезд формулы для ϵ_{u_3} и ϵ_{u_4} можно заменить формулами

$$\epsilon'_{u_{3,4}} = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n_1(n-2)}} \quad (21)$$

или

$$\epsilon''_{u_{3,4}} = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n_1(n-3)}} \quad (22)$$

Нами выполнено сравнение разных методов обработки наблюдений. Использован материал наблюдателя Службы времени Латвийского Государственного Университета Я. Клетниекс. Были отобраны наблюдения, содержащие не меньше 10 звезд для определения одной поправки, из них не меньше трех экваториальных в зоне склонений $-5^\circ \div +20^\circ$. Все остальные — зенитные звезды в зоне склонений $+45^\circ \div +65^\circ$.

Избранный материал был обработан методом наименьших квадратов («1»), методом Коши («3») и методом групп («4»), см. таблицу 1. Вычисление видоизмененным методом наименьших квадратов не производилось, так как в выбранной программе явно не выполнено условие наилучшего выбора звезд ($K_{cp} = 0$) для этого метода.

Таб

№	n	n ₁	.1°			.3°					
			u	k	ε _u	u	k	ε _u	ε' u	ε'' u	ε''' u
			4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	12	9	- 1.425	- 1.686	14	- 1.426	- 1.683	17	16	16	14
8	12	9	- 4.685	- 2.068	11	- 4.684	- 2.071	13	13	14	11
11	12	8	- 5.264	- 0.009	9	- 5.263	- 0.013	15	12	13	10
15	13	9	- 9.124	- 0.363	8	- 9.125	- 0.360	13	9	9	8
19	12	9	-12.137	- 0.342	12	-12.132	- 0.364	17	14	15	12
21	14	10	-13.497	- 0.304	8	-13.497	- 0.306	11	9	10	8
24	10	7	+ 2.239	- 0.496	10	+ 2.243	- 0.510	13	12	12	10
29	14	10	+ 0.596	- 0.581	9	+ 0.601	- 0.601	12	10	11	9
30	12	9	+ 0.502	- 0.620	11	+ 0.504	- 0.629	14	13	13	11
31	14	11	-14.223	- 0.310	13	-14.215	- 0.342	17	15	16	13
38	11	8	- 1.537	- 0.369	11	- 1.535	- 0.378	16	14	14	12
43	10	6	- 4.252	+ 1.213	7	- 4.250	+ 1.206	9	9	10	7
45	11	8	- 4.576	+ 1.129	11	- 4.575	+ 1.124	13	13	14	11
46	13	9	- 0.959	+ 2.230	7	- 0.959	+ 2.231	8	8	10	8
47	13	9	- 1.198	+ 2.953	8	- 1.201	+ 2.962	11	10	10	8
49	11	8	- 1.752	- 3.995	7	- 1.754	- 3.986	8	8	8	7
50	14	11	- 1.692	- 4.014	11	- 1.694	- 4.000	13	12	13	11
51	13	9	- 1.970	- 1.647	10	- 1.969	- 1.648	14	12	14	11
52	13	10	- 1.962	- 1.640	9	- 1.962	- 1.637	12	10	11	9
59	11	8	- 2.531	+ 0.086	8	- 2.527	+ 0.073	11	9	10	8
141	13	9	+ 0.932	+ 0.187	10	+ 0.936	+ 0.168	12	12	13	10
151	13	10	+ 0.428	+ 0.186	7	+ 0.430	+ 0.177	9	8	8	7
153	11	7	+ 1.506	+ 0.913	13	+ 1.511	+ 0.906	16	16	19	14
160	12	9	- 0.338	- 0.169	6	- 0.339	- 0.167	8	8	8	7
162	13	9	+ 0.474	- 0.165	4	+ 0.471	- 0.154	6	5	6	5
177	11	8	+ 0.159	- 0.123	7	+ 0.157	- 0.116	9	8	8	7
179	11	8	+ 0.154	- 0.202	9	+ 0.150	- 0.188	13	11	12	10
181	12	9	+ 0.130	- 0.093	8	+ 0.130	- 0.094	13	9	10	8
183	11	8	+ 0.156	- 0.194	8	+ 0.154	- 0.184	12	10	11	9
188	11	8	+ 1.419	- 0.223	8	+ 1.417	- 0.217	9	9	10	8

u и k даны в секундах времени, ε_u в тысячных долях секунды.

„4“						„1a“		
u	k	ε_u	ε'_u	ε''_u	ε'''_u	u	k	ε_u
13	14	15	16	17	18	19	20	21
- 1.427	- 1.678	17	16	17	14	- 1.424	- 1.689	14
- 4.684	- 2.073	13	13	14	11	- 4.686	- 2.067	11
- 5.262	- 0.015	14	12	12	9	- 5.264	- 0.005	9
- 9.129	- 0.355	10	19	9	8	- 9.125	- 0.370	8
-12.131	- 0.367	17	14	15	12	-12.134	- 0.349	12
-13.501	- 0.303	12	10	10	8	-13.494	- 0.318	8
+ 2.245	- 0.518	12	12	13	10	+ 2.242	- 0.503	10
+ 0.602	- 0.602	12	10	11	9	+ 0.597	- 0.586	8
+ 0.500	- 0.628	14	14	15	12	+ 0.503	- 0.621	11
-14.215	- 0.343	17	15	16	13	-14.220	- 0.314	14
- 1.533	- 0.386	14	13	14	11	- 1.539	- 0.367	11
- 4.256	+ 1.230	10	9	10	7	- 4.251	+ 1.211	5
- 4.575	+ 1.123	12	13	14	11	- 4.577	+ 1.131	11
- 0.966	+ 2.243	9	8	9	7	- 0.959	+ 2.228	7
- 1.202	+ 2.966	11	10	10	8	- 1.199	+ 2.958	8
- 1.755	- 3.981	8	8	9	7	- 1.752	- 3.992	7
- 1.695	- 3.998	13	13	13	11	- 1.692	- 4.020	12
- 1.970	- 1.648	13	13	14	11	- 1.974	- 1.643	10
- 1.962	- 1.636	10	10	11	9	- 1.962	- 1.638	9
- 2.526	+ 0.072	11	9	10	8	- 2.531	+ 0.084	8
+ 0.937	+ 0.166	12	12	13	10	+ 0.932	+ 0.184	10
+ 0.432	+ 0.176	9	8	8	7	+ 0.429	+ 0.185	7
+ 1.505	+ 0.909	18	18	19	14	+ 1.504	+ 0.915	14
- 0.338	- 0.170	7	7	7	6	- 0.339	- 0.168	6
- 0.471	- 0.155	6	5	6	5	+ 0.473	- 0.162	4
- 0.157	- 0.116	9	8	8	7	+ 0.156	- 0.118	6
- 0.150	- 0.189	14	11	12	10	+ 0.151	- 0.200	10
- 0.131	- 0.095	13	10	10	8	+ 0.131	- 0.098	8
- 0.154	- 0.185	12	10	11	9	+ 0.156	- 0.194	9
+ 1.418	- 0.217	9	10	10	8	+ 1.418	- 0.220	7

В табл. 1 даны значения поправок часов u , азимута инструмента k и средних квадратичных ошибок поправок часов ϵ_u , вычисленных по точным формулам (20). Для метода Коши («3») и метода групп («4») средние квадратичные ошибки поправок часов вычислены также по упрощенным формулам (21) и (22). См. графы 10, 11, 16 и 17.

В Службе времени ЛГУ при определении u и k методом Коши, средние квадратичные ошибки раньше необоснованно вычислялись так же как и при обработке методом наименьших квадратов. Для сравнения результатов приложены значения ср. кв. ошибок, вычисленных по формуле

$$\epsilon''_{u_{i1}} = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n(n-2)}}. \quad (23)$$

См. графы 12, 18. Из таблицы видно, что средняя квадратичная ошибка минимальна в методе наименьших квадратов, т. е., самым точным методом обработки является метод наименьших квадратов. Такой вывод можно было ожидать. Видно что различие между значениями u и k в некоторых случаях достигает одной сотой секунды времени. Вычисление ошибок поправок часов формулой (23) дает заметно заниженные значения. Более приемлемо замещение точных формул ошибок (20) формулами (21) и (22).

Всегда большим ошибкам по точным формулам соответствуют большие ошибки по упрощенным формулам и обратно. Оценка точности по упрощенным формулам внутри одной службы времени допустима. Однако, сравнение точности наблюдений по внутреннему согласию разных служб времени становится невозможным при использовании разных упрощенных формул для определения ошибок. Мы считаем, что выигрыш в объеме вычислений, достигаемый при обработке наблюдений методом Коши («3») или методом групп («4»), не оправдывает себя. При наличии современной вычислительной техники обработку наблюдений следует производить методом наименьших квадратов, так как он является самым точным.

§ 3. Рассмотренным в предыдущих параграфах исходным условным уравнениями (1) придавались одинаковые веса, т. е.

$$p_i = 1.$$

В литературе неоднократно встречались попытки взвешивания условных уравнений. Тогда уравнения (1) принимают вид

$$p_i u + p_i K_i k = p_i l_i. \quad (24)$$

Для определения весов p_i в [5] предложено выражение

$$p = \frac{1}{\mu^2} = \frac{1}{\mu_1^2 + \mu_1^2 l^2}, \quad (25)$$

где μ — средняя ошибка одного наблюдения прохождения,

μ_T — средняя ошибка момента прохождения,

μ_1 — средняя ошибка наклонности,

$l = \cos(\varphi - \delta) \sec \delta$,

$$\mu_T^2 = \frac{1}{n} (a^2 + b^2 \sec^2 \delta),$$

n — количество использованных пар контактов,

a, b — постоянные характерные для наблюдателя и инструмента.

Предложены также и другие аналогичные выражения для определения весов. Определение a и b не представляет трудности и были вычислены для наблюдателя Я. Клетниекс. Согласно исследованиям Б. Аурелла [5] для инструмента такого же типа, значение μ_T^2 принималось равным $0^s.008^2$. С этими значениями постоянных построена кривая μ (рис. 1).

Согласно построенной кривой самыми точными должны

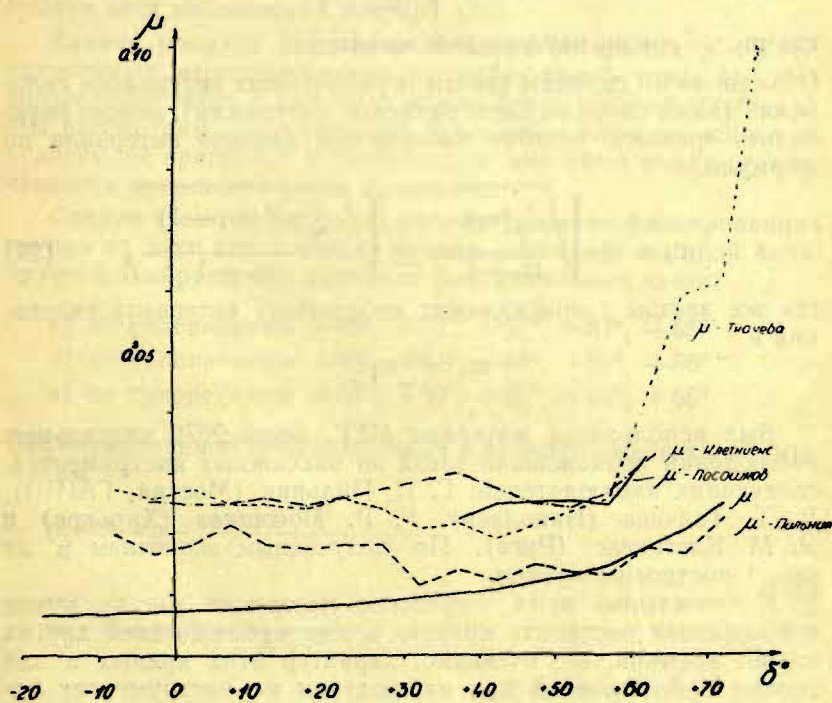


Рис. 1.

Изображена кривая μ (25) и кривые μ' (27) наблюдателей: Г. П. Пильник (Москва, ГАИШ), Р. Т. Ткачева (Николаев), Г. Р. Посошков (Харьков) и Я. М. Клетниекс (Рига).

быть наблюдения экваториальных звезд, (даже в интервале $-20^\circ \div 0^\circ$). Однако опыт показывает, что на практике это не совсем так. Возможно, что выражение (25) не предусматривает все возможные источники случайных ошибок наблюдений. Кроме ошибки регистрации момента прохождения и ошибки наклонности, существенное влияние могут оказать и другие. Так, например, Г. П. Пильник обнаружил непрерывное изменение бесколлимационной линии пассажного инструмента в зависимости от зенитного расстояния [6].

Мы считали возможным вывести зависимость средних ошибок наблюдений от склонений звезд из самих наблюдений. Для этого был рассмотрен материал о систематических отклонениях наблюдений $\Delta\alpha$. Для периода наблюдений каждой звезде дается среднее систематическое отклонение по прямому восхождению $\Delta\alpha$, с квадратичной ошибкой по формуле

$$\mu_j = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{m_j - 1}}, \quad (26)$$

где m_j — число наблюдений звезды j .

Объединяя по группам звезды ограниченных интервалов склонений (нами избраны пятиградусные интервалы), можно определить среднюю ошибку наблюдений данного интервала по формуле

$$\mu'_k = \pm \sqrt{\frac{\sum_j [vv]}{m_k - 1}} = \pm \sqrt{\frac{\sum_j \mu_j^2 (m_j - 1)}{m_k - 1}}, \quad (27)$$

где все звезды j принадлежат избранному интервалу склонений и

$$m_k = \sum_j m_j.$$

Был использован материал МГГ, всего 9079 визуальных наблюдений прохождений звезд на пассажных инструментах, следующих наблюдателей: Г. П. Пильник (Москва, ГАИШ), Р. Т. Ткачева (Николаев), Г. Р. Посошков (Харьков) и Я. М. Клетниекс (Рига). По полученным значениям μ на рис. 1 построены кривые.

К сожалению из-за отсутствия материала мы не имели возможности построить кривую μ для наблюдателей других служб времени, но, очевидно, характер этих кривых и для других наблюдателей при наблюдениях на инструментах подобного типа должен быть похожим. Характерно, что построенные кривые средних ошибок μ' имеют минимум в интервале склонений от $+30^\circ$ до $+50^\circ$, что не согласуется с ожидаемым минимумом около экватора согласно кривой μ .

Такое явление привело нас к мысли отказаться от выражения (25) для взвешивания условных уравнений (24) и определить веса обратно пропорционально квадрату средних ошибок μ' . Для наблюдений Клетниекса вычислены веса наблюдений каждого интервала склонений. Полученные веса изображены на рис. 2 в виде кривой. С помощью этих весов методом наименьших квадратов (обозн. «1а» в табл. 1) решались условные уравнения (24) того же материала, наблюдений (см. § 2). Результаты вычислений представлены в таблице 1, графы 19, 20 и 21.

Видно, что значения μ , k , ε_n'' практически не отличаются от полученных при обработке невзвешанных условных уравнений (1), см. графы 4, 5, 6. Таким образом, при вышеописанном выборе звезд взвешивание условных уравнений (1) практически не улучшает точность обработки наблюдений. Этот вывод уже был нами получен раньше [7].

§ 4. При решении задач о выборе звезд обычно используются веса наблюдений $p = p(\mu)$ (25).

Кривая $\mu = \mu(\delta)$ заметно отличается от кривых $\mu' = \mu'(\delta)$, полученных непосредственно из наблюдений (рис. 1). Для определения весов p вместо μ можно брать средние ошибки μ' . Мы рассмотрим анализ выбора программы звезд на основе μ' , конечно, не претендуя на исчерпывающий ответ ввиду ограниченности использованного материала.

Следуя схеме Аурелла [5] рассматривается фиксированная группа из пяти звезд и одна звезда, склонение которой варьируется. Выбраны три варианта фиксированных звезд:

- а) со склонениями $+49^\circ$, $+53^\circ$, $+57^\circ$, $+61^\circ$, $+65^\circ$,
- б) со склонениями $+40^\circ$, $+44^\circ$, $+48^\circ$, $+52^\circ$, $+56^\circ$,
- в) со склонениями $+58^\circ$, $+60^\circ$, $+62^\circ$, $+64^\circ$, $+66^\circ$.

Вес определяемой поправки часов и азимута вычислен по формулам

$$p_a = A + p - \frac{(B + pK)^2}{C + pK^2},$$

$$p_k = C + pK^2 - \frac{(B + pK)^2}{A + p},$$
(28)

где $A = [p]$ звезд с фиксированными склонениями,
 $B = [pK]$ звезд с фиксированными склонениями,
 $C = [pK^2]$ звезд с фиксированными склонениями,

ρ , K — вес и азимутальный коэффициент звезды, склонение которой варьируется. Веса наблюдений взяты согласно кривой наблюдателя Я. Клетниекс (рис. 2).

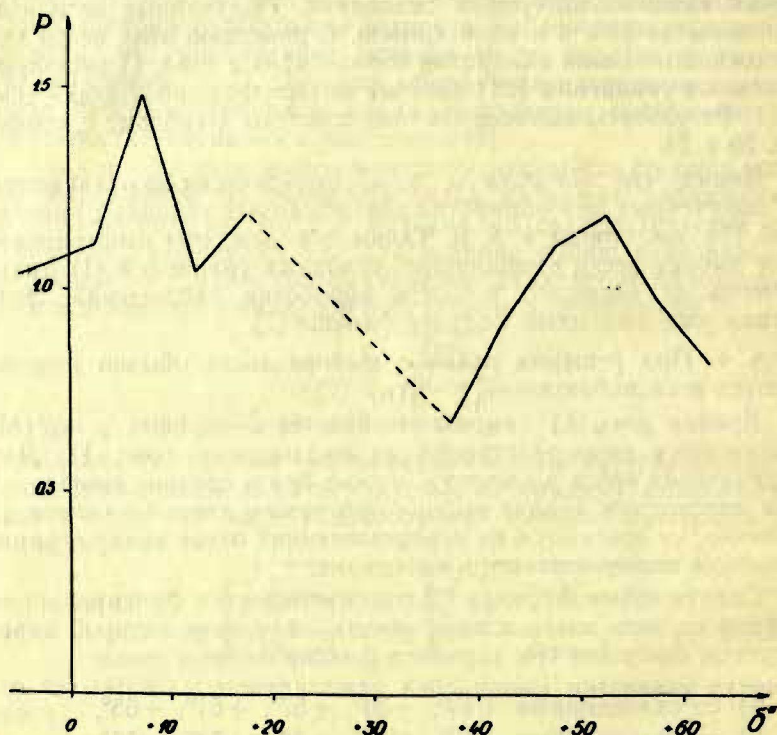


Рис. 2.

Веса $\rho = \frac{1}{\mu^2}$ наблюдателя Я. Клетниекс.

Полученные значения весов поправок часов ρ_u и азимутов ρ_k изображены на рис. 3. По кривой ρ_u (а) можно судить, что самая надежная поправка часов определяется только по зенитным звездам, если они равномерно и симметрично покрывают окрестность зенита. Если зенитные звезды выбраны несимметрично от зенита в сторону юга, то поправка часов определяется весьма ненадежно (кривая ρ_u (б)). Это частично объясняется тем, что экваториальные звезды наблюдаются менее точно, чем это предвидит выражение (25). Весьма высокий вес поправки часов получается комбинируя экваториальную звезду (кривая ρ_u (б)) с несимметричными зенитными звездами вы-

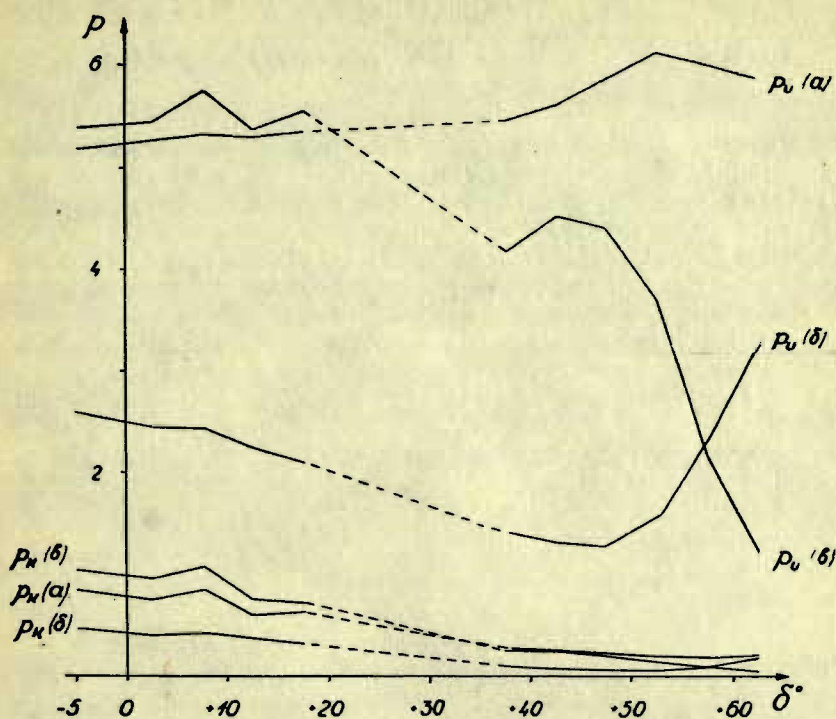


Рис. 3.

Кривые весов поправок часов ρ и азимутов ρ соответствующие вариантам фиксированных звезд: а, б, в.

бранными в сторону севера. Но последний вывод необходимо рассматривать критически, так как вес наблюдений северных звезд по всей вероятности преувеличен. Именно северные звезды из-за больших отклонений иногда вычеркиваются из наблюдений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] The International Geophysical Year, Instruction Manual No VIII Longitude and Latitude, London 1956.
- [2] F. Коевске. Acta Astronomica Vol. 8,3, 1958.
- [3] М. С. Звзрев. Труды ГАИШ т. XVIII вып. 1, 1949.
- [4] E. T. Whittaker and G. Robinson. The Calculus of Observations 1928, пер. Э. Уиттекер и Г. Робинсон Математическая обработка результатов наблюдений, М. Л. 1935 (стр. 231).
- [5] V. Aurell. Comptes Rendus de la VIII session de la Commission Géodésique Baltique, Helsinki 1936.
- [6.] Г. П. Пильник. Астр. журн. 36, 5, 1959.
- [7.] К. А. Штейнс. Астр. журн. 30, 5, 1953.

KOPSAVILKUMS

K. Steins un L. Roze Par pulksteņa korekcijas precizitātes novērtēšanu.

Izvestas precīzas formulas vidējās kvadratiskās kļūdas aprēķināšanai (20) apstrādājot novērojumus pēc mazāko kvadrātu («1»), pārveidotas mazāko kvadrātu («2»), divu grupu («3») un grupu («4») metodes. Precīzo formulu vietā var izmantot aptuvenās formulas (21) un (22). Metožu skaitļošanas rezultāti sakopoti tabulā I. Secina, ka jūtami precīzākus rezultātus iegūst, aprēķinus veicot ar mazāko kvadrātu metodi.

Analizēta atsevišķu zvaigžņu novērtējumu precizitāte atkarībā no to deklinācijas. Izmantoti SGG materiāli par zvaigžņu rektascensiju sistematiskām novirzēm $\Delta\alpha$ un attiecīgām novērojamu kļūdām.

Iegūtie rezultāti izmantoti aplūkojot jautājumu par zvaigžņu izvēli un konstatēts, ka augstu pulksteņa korekcijas svaru var iegūt kombinējot grupu nedaudz uz ziemeļiem novirzītu zenīta zvaigžņu ar ekvatora zvaigzni.

SUMMARY

K. Steins and L. Roze. On the Estimation of Precision for the Calculation of the Clock Correction

Precise formulae for calculation of mean squares error (20) — have been carried out by the following methods: the method of least squares («1»), transferred least squares («2»), two groups («3») and many groups («4»). Instead of the precise formulae one may use the approximate formulae (21) and (22). The results of the calculation of these methods are given in Table I. The authors conclude that more evitably precise results can be obtained by the methods of least squares.

In this paper an analysis of the precision of the stars transit is given depending upon their declination. The data of the IGY about the systematical deviation of the stars right ascensions $\Delta\alpha$ and corresponding errors in observation have been used. The results obtained have been used in discussing the choice of stars. It has been stated that the great value of weight of the clock correction may be obtained by the combination equatorial stars with a group of zenith stars declined from the zenith towards the North.

Ю. А. СКРИН и К. А. ЦИРУЛИС

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОСЦИЛЛОСКОПИЧЕСКОГО СРАВНЕНИЯ КВАРЦЕВЫХ ЧАСОВ С РАДИОСИГНАЛАМИ ВРЕМЕНИ

В настоящее время считается, что наиболее совершенным методом приема радиосигналов времени является осциллоскопический, дающий возможность визуально оценивать качество и форму принимаемых сигналов и производить их отбор.

В статье описывается сравнительно простое устройство для сравнения кварцевых часов с радиосигналами времени, разработанное в Службе времени ЛГУ. В приборе использовано 18 радиоламп и 7 полупроводниковых диодов (не считая осциллоскопа).

Мощность, потребляемая от сети — около 130 *ва*. В качестве фазирующего устройства использован очень простой по конструкции гониометр.

Принцип действия устройства поясняет блок-схема, приведенная на рис. 1.

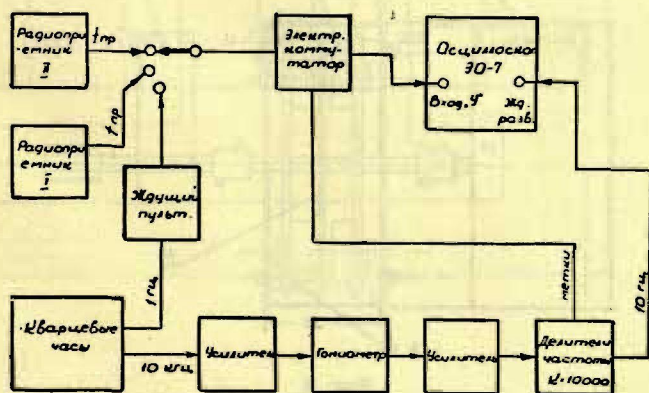


Рис. 1.

Устройство работает следующим образом. Выход промежуточной частоты радиоприемника подается на электронный коммутатор, выход которого соединен с вертикальным усилителем осциллоскопа ЭО-7, в котором сделана ждущая развертка. Электронный коммутатор отрегулирован так, что 0,1 сек на вход осциллоскопа подается сигнал от радиоприемника, или импульса 1 μ с от кварцевых часов, а 0,9 сек. — масштабные метки.

Ждущий мультивибратор Л₁₁ служит для «расширения» во времени импульса 1 μ с кварцевых часов, имеющего длительность 2 мксек до 0,1—0,2 мсек. для лучшей возможности его наблюдения на экране осциллоскопа.

Выход 10 кГц кварцевых часов через гониометр и делители частоты 10000:1 подается на вход ждущей развертки осциллоскопа. Изменяя при помощи гониометра фазу напряжения частотой — 10 кГц, совмещается на экране осциллоскопа радиосигнал точного времени с отметкой кварцевых часов.

Принципиальная схема устройства, кроме осциллоскопа, дана на рис. 2.

Напряжение с частотой 10 кГц, поступающее с выхода кварцевых часов, подается на усилитель, собранный на лампе Л₁ и затем на катушки гониометра L₁—L₄, на которых получается вращающееся магнитное поле с частотой 10 кГц, благодаря включению фазовращающего звена R.C и соответствующему расположению катушек в пространстве. Катушки L₃ и L₄ имеют противоположное направление обмоток по отношению L₁ и L₂. В гониометре всего имеется восемь катушек L₁—L₈ индуктивностью по 5,7 мГн, которые находятся на двух парал-

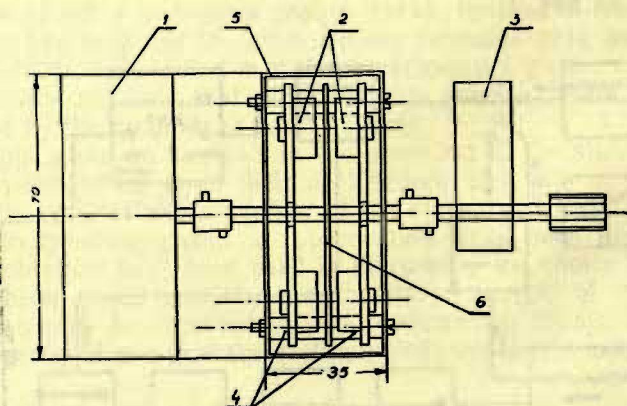


Рис. 3.

1 — электромотор; 2 — катушки гониометра L₁—L₈; 3 — счетчик оборотов; 4 — дистанционные втулки; 5 — металлический экран; 6 — диск.

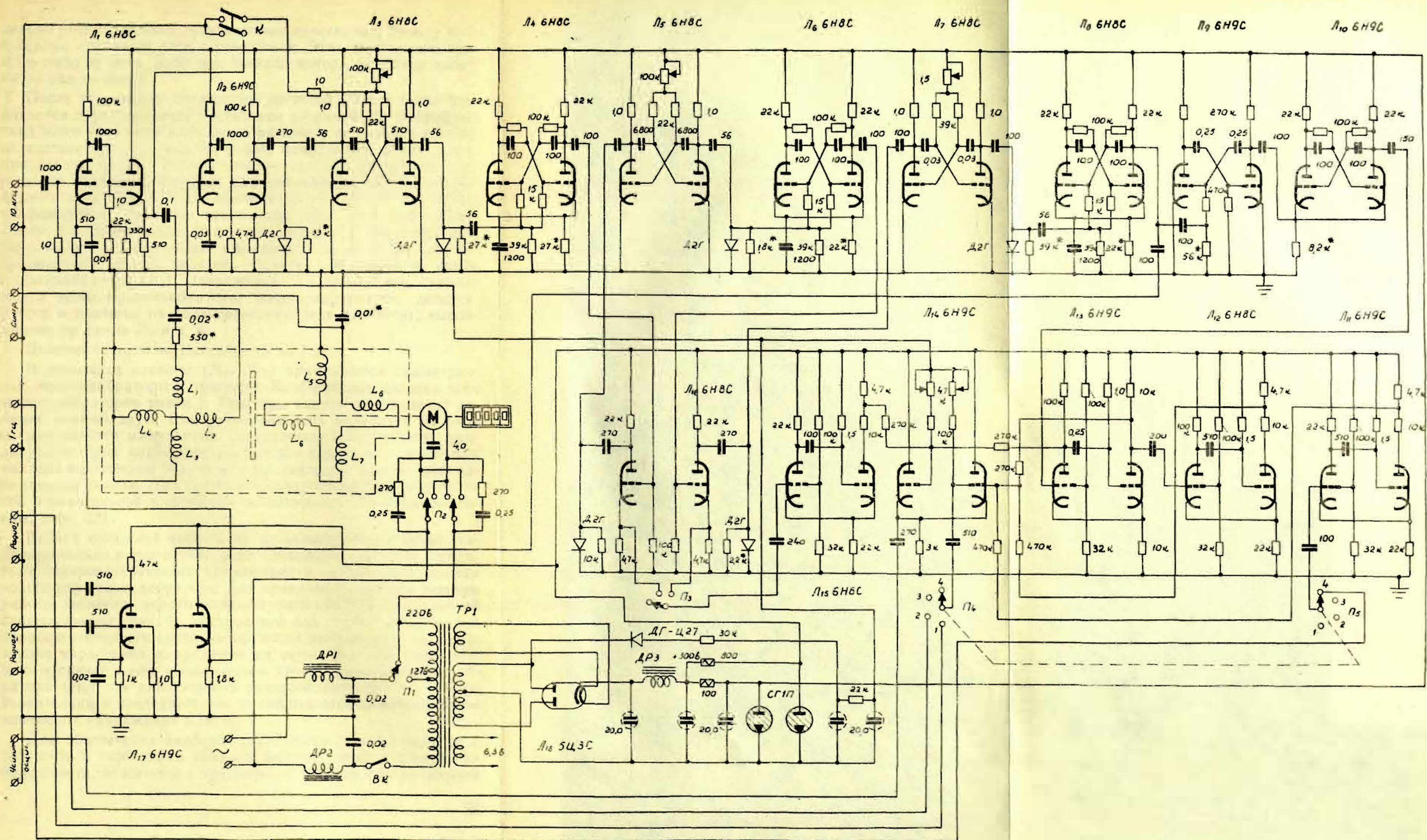


Рис. 2.

тельно расположенных гетинаксовых пластинках. Между пластинками находится диск с отверстием. Этот диск можно вращать либо от руки, либо при помощи мотора М. Эскиз гониометра дан на рис. 3.

После гониометра напряжение частотой 10 кГц вновь усиливается двухкаскадным усилителем на лампе Л₂. Второй каскад этого усилителя работает в режиме с сеточными токами, вследствие этого на выходе форма напряжения имеет трапециодальную форму. Работа второго каскада усилителя с сеточными токами необходима для уменьшения колебаний выходного напряжения после гониометра вследствие изменения коэффициента передачи гониометра при вращении диска. Далее это напряжение дифференцируется и детектируется. Полученные отрицательные импульсы с частотой 10 кГц синхронизируют первый делитель частоты, собранный по схеме мультивибратора (Л₃). Напряжение с частотой 2 кГц, снимаемое с этого мультивибратора, дифференцируется, детектируется и подается на релаксационное реле (триггер), выполненное на лампе Л₄ и т. д.

Деление частоты осуществляется до 1 Гц.

В делителях частоты (Л₃—Л₁₀) применяются симметричные мультивибраторы и триггеры. Коэффициент деления всех мультивибраторов равен 5. Триггеры имеют коэффициент деления равный двум. Синхронизация всех делителей частоты осуществляется импульсами отрицательной полярности, амплитуда которых подбирается в каждом отдельном случае при наладке изменением величины сопротивлений, включенных параллельно диодам. Для получения синхронизирующих импульсов отрицательной полярности используются германиевые диоды, типа Д2Г.

Работа делителей частоты на мультивибраторах будет стабильна только в том случае, если правильно подобрать амплитуду синхронизирующего напряжения и частоту собственных колебаний мультивибратора. Для правильного выбора режима работы делителя частоты воспользуемся диаграммой областей синхронизации (рис. 4), построенной для случая очень малой продолжительности синхронизирующих импульсов и линейном законе нарастания напряжения на сетке. Эти оба условия в нашем случае почти выполняются, кроме первого мультивибратора (Л₃), где длительность синхронизирующих импульсов значительна, и последнего, где не соблюдается линейный закон изменения напряжения в сетке.

Для обеспечения наиболее устойчивого режима деления с кратность 5 необходимо выбрать рабочую точку в центре «0» окружности, вписанной в треугольник области синхронизации

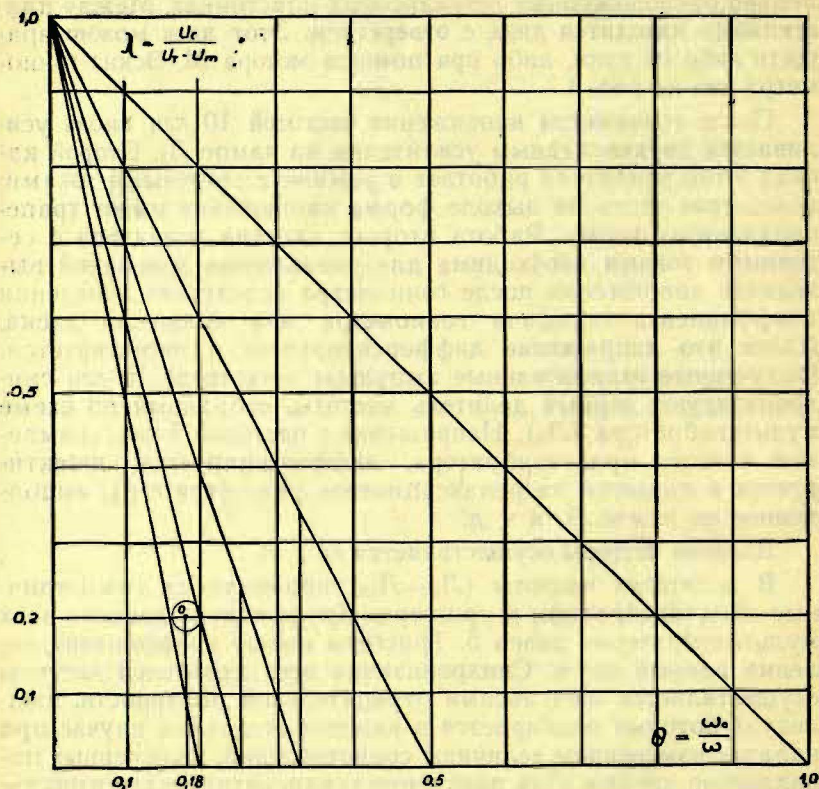


Рис. 4.

с кратностью 5. Для этого режима относительная величина амплитуды синхронизации $\lambda_{\text{опт}} = 0,2$, а отношение частот

$\Theta_{\text{опт}} = 0,18$ здесь $\lambda_{\text{опт}} = \frac{U_c}{U_\tau - U_n}$ и $\Theta = \frac{\omega_0}{\omega}$, где U_c — ампли-

туда синхронизирующего напряжения. $U_\tau - U_n$ равно отрезку АВ (см. рис. 5), ω_0 — собственная частота колебаний мультивибратора, ω — частота синхронизирующего напряжения.

При наладке делителей частоты мы сначала установили собственную частоту колебаний мультивибраторов, равную $0,18 f_{\text{синхр}}$, а затем подбирали амплитуду синхронизирующего напряжения. Для этого определялась максимальная и мини-

мальная амплитуда синхронизирующего напряжения, при которых еще происходило деление с кратностью 5, и установилось среднее значение, т. е.

$$U_{\text{синхр. опт}} = \frac{U_{\text{макс}} + U_{\text{мин}}}{2}$$

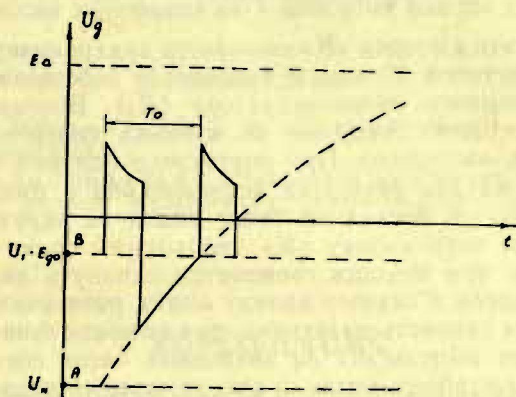


Рис. 5.

Стабильность работы релаксационных реле в основном будет зависеть от схемы связи их с источником запускающих (стартовых) импульсов (в нашем случае с мультивибраторами) и чувствительности их к паразитным импульсам. Используемые схемы мультивибраторов чувствительны к импульсам положительной полярности, поэтому запуск триггеров осуществляется импульсами отрицательной полярности с достаточно большой амплитудой. Обратное влияние триггеров на мультивибраторы почти исключено, во-первых, самой схемой подачи запускающих импульсов и, во-вторых, включением диода в цепь связи с мультивибраторами. Во всех случаях стартовые импульсы имеют очень малую длительность.

Назначение остальных ламп следующее. Лампа L_{14} , использованная в схеме ждущего мультивибратора, служит для формирования масштабных меток. Лампы L_{12} и L_{13} работают в схеме электронного коммутатора. Одна половина лампы L_{17} является усилителем сигнала радиоприемника, а другая — катодным повторителем импульсов синхронизации 10 гц идущих на осциллоскоп. Лампа L_{16} является усилителем масштабных меток и одновременно усилителем синхронизирующих импульсов с частотой 1 кгц и 100 гц.

Сравнение кварцевых часов с радиосигналами точного времени производится следующим образом. За 5—10 мин. до сеанса сравнения включается прибор и совмещается импульс 1 гц кварцевых часов с одной из масштабных меток частотой 1 кгц. Это осуществляется переключением на минимальную скорость развертки осциллоскопа (соответствующую на нашем приборе 0,05 сек. на всю шкалу) и нажатием кнопки «К» до появления на экране импульса 1 гц кварцевых часов.

При нажатии кнопки «К» снимается синхронизирующее напряжение частотой 10 кгц и изменяется собственная частота колебаний первого мультивибратора (L_3). Благодаря этому, будет происходить смещение во времени синхронизирующих осциллоскоп, импульсов. При достаточно близком совпадении во времени начала развертки осциллоскопа и импульса 1 гц кварцевых часов, последний будет виден на экране осциллоскопа. После чего кнопку «К» необходимо сразу же разомкнуть. Затем при помощи гониометра сдвинуть импульс 1 гц кварцевых часов к самому началу линии развертки на экране и увеличивая скорость развертки, при помощи гониометра, передний фронт импульса 1 гц кварцевых часов совмещается с одной из масштабных меток 1 кгц, находящейся на некотором удалении от начала линии развертки. Это необходимо для лучшего рассмотрения переднего фронта радиосигнала. После этого счетчик сбрасывается на 00000 и откладывается ориентировочно коррекция принимаемой радиостанции по счетчику. Для этого необходимо вращать диск гониометра в ту или другую сторону. После этого производится совмещение переднего фронта радиосигнала с той же самой масштабной меткой, с которой был совмещен импульс 1 гц кварцевых часов.

Разность между радиосигналом и кварцевыми часами отсчитывается непосредственно по счетчику, в котором последняя цифра дает десятитысячные доли секунды.

Благодаря такому методу совмещения, полностью исключаются ошибки, которые могут иметь место, например, при произвольном изменении скорости развертки осциллоскопа или смещении начала развертки по горизонтали, вследствие каких-либо причин. Эти ошибки могут быть в случае, например, если отметка, на которую совмещают радиосигнал и импульс часов, будет нанесена на стекле трубки осциллоскопа.

Для контроля правильности произведенного сравнения при помощи гониометра счетчик устанавливается в положении 00000. При этом импульс кварцевых часов должен находиться на той же самой отметке, на которую он был предварительно установлен.

Описанное выше устройство успешно используется в Службе времени ЛГУ с июня 1959 года. Средние квадратические ошибки приема радиосигналов в 0,001 составляют: за июль $\pm 0,3$, за август $\pm 0,2$.

Несколько ранее производились опыты по работе на подобном устройстве по несколько упрощенной схеме, однако положительные результаты не были получены.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. А. Меерович, Л. Г. Зеличенко. «Импульсная техника». Советское радио. 1954 г.

2. А. М. Бонч-Бруевич. «Применение электронных ламп в экспериментальной физике». Издательство технико-теоретической литературы 1954 г.

KOPSAVILKUMS

J. Skrins un K. Cīrulis. Ierīces kvarca pulkstens rādījumu un laika radiosignālu osciloskopiskai salīdzināšanai.

Dots apraksts un shema radiotehniskai ierīcei kvarca pulkstens rādījumu un laika radiosignālu osciloskopiskai salīdzināšanai. Ierīce sastāv no bezkontakta fāzes pārbīdītāja un multivibratoriem, ar kura palīdzību sinhronizē oscilografa laika skalu. Multivibratoru sinhronizācijai izmanto kvarca pulkstens 10 HZ frekvenci. Pārbīdot ar fāzes pārbīdītāju laika atzīmju skalu var pārņemt, ka uz ekrana redzams gan kvarca pulkstens sekundes signāls, gan radiosignāls. Rādījumu starpību nolasa uz fāzu pārbīdītāja apgriezīgu skaitītāju ar sekundes desmit tūkstošās daļas lielu pareizību.

SUMMARY

J. Skrins and K. Cirulis. Device for Oscilloscopic Comparison of Quartz Clock Readings and Time Radiosignals.

A description and circuit diagram is given of a radiotechnical device for oscilloscopic comparison of quartz clock readings and time radiosignals. The device consists of a contactless phase-shifter and multivibrators which make it possible to synchronise the time-base of the oscilloscope in order to produce time-marks

on its screen. The multivibrators are synchronised by means of a quartz clock at 10 kc frequency.

Shifting the time-base marks by means of the phase shifter it is possible to observe on the screen simultaneously both, seconds impulse of the quartz clock, and the radiosignal. The difference in readings may be obtained from the revolution counter of the phase-shifter with an accuracy up to a tenth thousandth of a second.

Ю. А. СКРИН и К. А. ШТЕЙНС

К ВОПРОСУ О РАБОТЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С ПЕЧАТАЮЩИМ ХРОНОГРАФОМ 21-П

В связи с использованием службами времени фотоэлектрической регистрации звезд, продолжает актуальным оставаться вопрос о дальнейшем повышении точности астрономических наблюдений.

Одним из источников ошибок при наблюдении на фотоэлектрическом пассажном инструменте является усилитель с устройством для определения запаздывания и другие каскады.

В настоящей статье рассмотрены вопросы, связанные с исследованием фотоэлектрического усилителя АФМ-5, и применение его для работы с печатающим хронографом 21-П.

В связи с проведением работ по программе МГГ, Служба времени ЛГУ получила фотоэлектрический усилитель АФМ-5 к пассажному инструменту АПМ-10, смонтированный по схеме, описанной Ю. П. Платоновым и В. Б. Суховым [1].

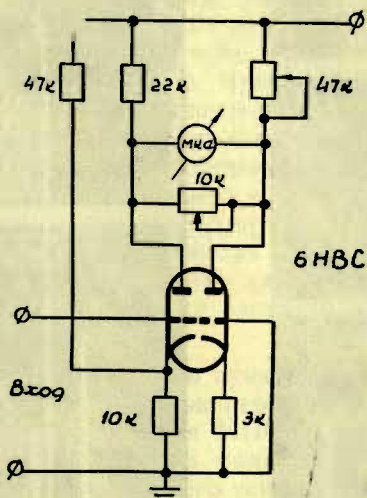


Рис. 1.

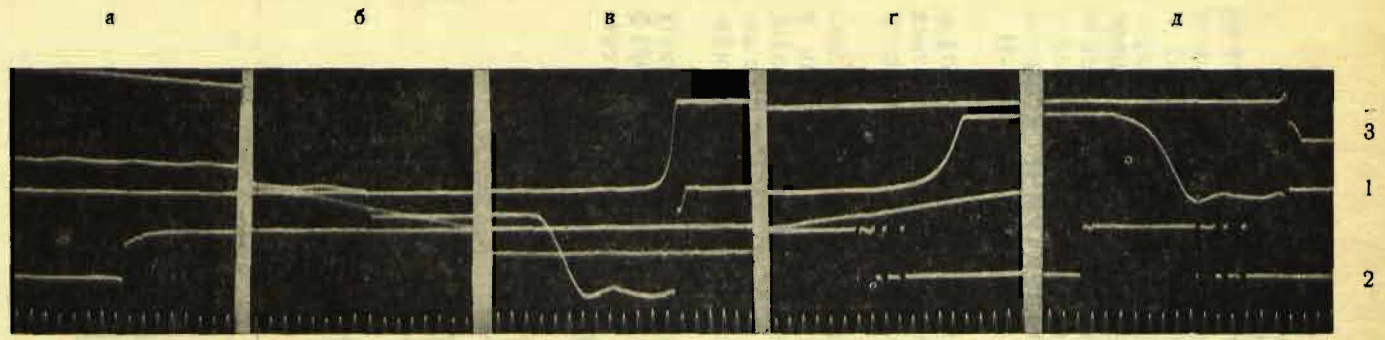


Рис. 2.

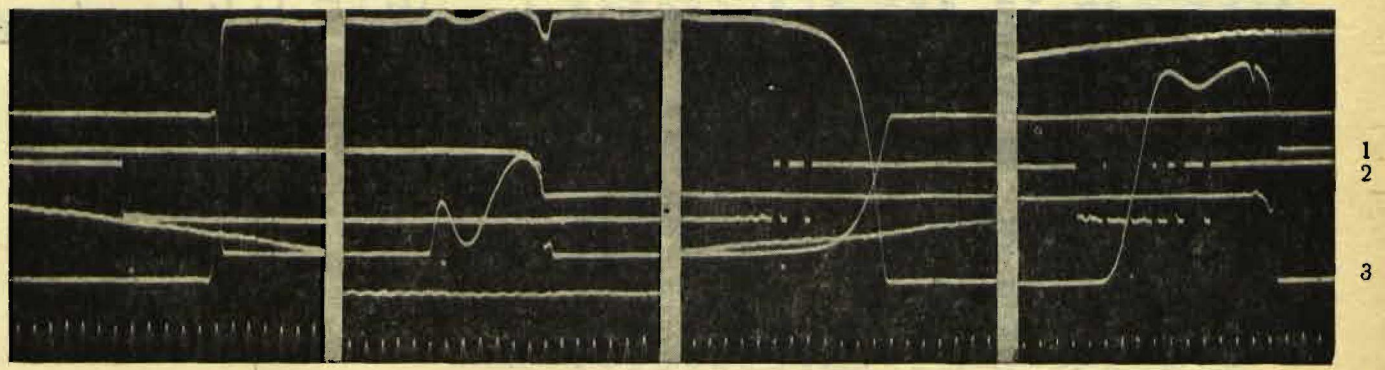


Рис. 3.

При исследовании установки оказалось, что она имеет ряд недостатков и, кроме этого, ее невозможно использовать для работы с печатающим хронографом 21-П, имеющим несомненные преимущества перед пишущим. К недостаткам усилителя следует отнести:

1. Отсутствие прибора для контроля режима усилителя и симметричной работы фотоумножителей (вмонтированный прибор 50 *мка* в анодной цепи электрометрической лампы почти не реагирует даже при определении запаздывания).

2. Наличие большой постоянной времени в электронном реле Л₁₁ создает большие неудобства при работе и снижает точность регистрации.

3. Невысокую точность работы реле ондулятора, которая получается вследствие дробления контакта при работе на замыкание.

Для устранения этих недостатков нами были сделаны некоторые изменения в схеме и введены дополнительные каскады.

§ 1. Для возможности контроля выбора рабочей точки усилителя и контроля дрейфа рабочей точки, был вмонтирован ламповый вольтметр, схема которого дана на рис. 1. Этот вольтметр возможно использовать для определения диаметра звезд, а также получать подробные данные для оценки точности наблюдений.

Вольтметр выполнен по балансной схеме на двойном триоде, типа 6Н8С. Между анодами триодов включен гальванометр, чувствительностью 200 *мка* с нулем посередине. Для получения баланса плеч в анодную цепь одного из триодов включено переменное сопротивление. Чувствительность гальванометра можно менять при помощи переменного сопротивления, включенного параллельно гальванометру. Питание анодных цепей лампы вольтметра осуществляется от стабилизированного напряжения 200 *в*, имеющегося в усилителе. Вольтметр регулируется таким образом, что при «нормальном режиме» [2] усилителя стрелка гальванометра стоит на нуле. Рабочая точка лампы вольтметра находится на прямолинейном участке характеристики при наблюдении звезд до нулевой величины включительно.

§ 2. Недостатки, указанные в пунктах 2 и 3, были обнаружены как теоретически, так и экспериментально при помощи восьмишлейфного осциллографа МПО-2. Рассмотрим теперь, что показывала осциллограмма полного цикла определения запаздывания фотоэлектрического усилителя прямоугольными сигналами перед тем, как были введены соответствующие изменения схемы. (Рис. 2).

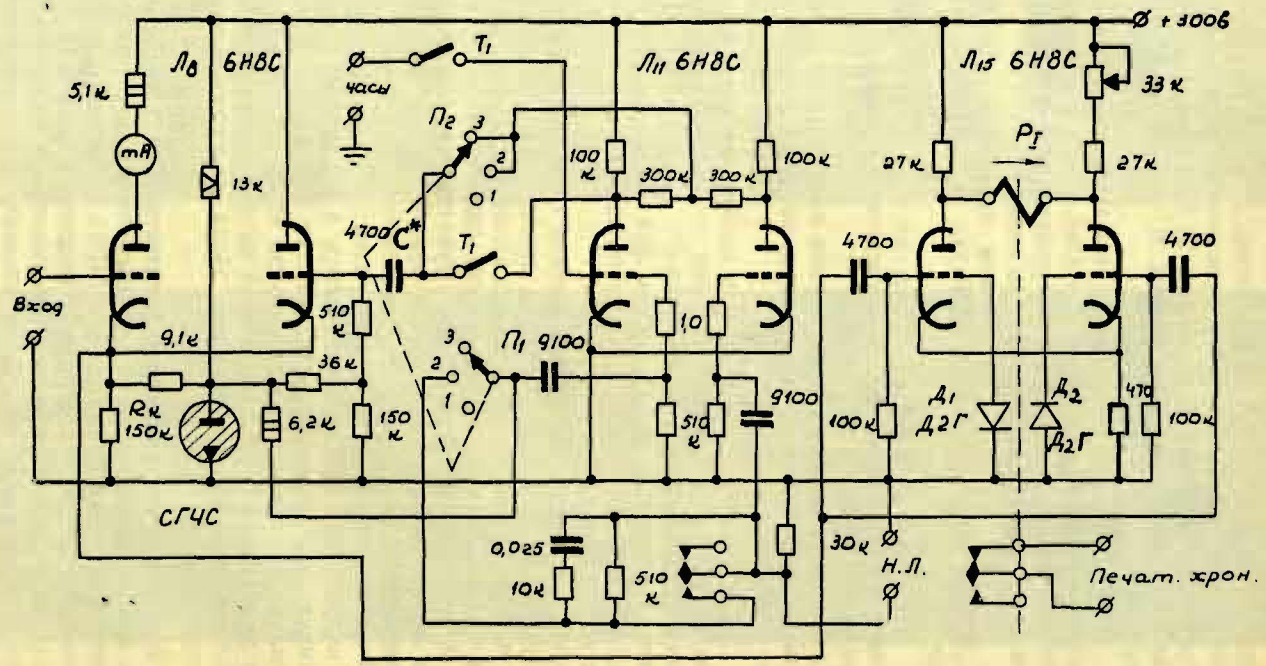


Рис 4.

Кривая 1 показывает изменение напряжения на катодном сопротивлении R_k лампы L_8 . Кривая 2 показывает замыкание контактов реле ондулятора; кривая 3 показывает изменение напряжения на неоновой лампе. В нижней части осциллограммы дан масштаб времени — синусоидальное напряжение частотой 500 гц.

Включение неоновой лампы 3. вызывает кратковременное изменение напряжения на катодном сопротивлении R_k 1 (рис. 2а). С некоторым запаздыванием кратковременно замыкаются контакты реле ондулятора 2. Момент замыкания контактов при таком дроблении на печатающем хронографе отмечается неуверенно, так как дробление имеет случайный характер. Спустя некоторое время, определяемое режимом усилителя и постоянной времени, входа и всех каскадов усилителя, левая половина лампы L_8 откроется и на катодном сопротивлении ее напряжение возрастет, что вызовет замыкание контактов реле ондулятора (рис. 2б). Замыкание контактов и в этом случае происходит с дроблением. При потухании неоновой лампы (рис. 2в) размыкание контактов реле не произойдет, так как через обмотку реле все это время течет ток левой половины лампы L_8 . Размыкание контактов происходит лишь спустя приблизительно 0,1 сек, что не может быть вызвано запаздыванием усилителя (рис. 2д). Как выяснилось, это происходит вследствие разряда конденсатора C^* , когда лампа L_{11} открыта, и заряда его при закрытой лампе. Постоянная времени этой цепи равна приблизительно 0,075 сек. Поэтому, схема лампового реле L_8 была несколько изменена (рис. 4). При таком способе подачи смещения на правую половину лампы L_8 колебание напряжения на конденсаторе C^* очень мало, а вследствие его малой величины вышеописанные вредные явления не имеют больше места. Соответствующая этой схеме осциллограмма дана на рис. 3.

§ 3. Однако даже при измененной схеме электронного реле невозможно получить все четыре отметки времени при определении запаздывания, а сильное дробление контактов реле сильно затрудняет применение печатающего хронографа. Поэтому было применено новое устройство регистрации на печатающем хронографе, показанное на рис. 4.

Функции лампы L_{11} остались прежними, кроме того, для получения отметок времени на печатающем хронографе включается тумблер T_1 и левая половина лампы L_{11} выполняет роль усилителя сигнала кварцевых часов. Усиленный сигнал подается далее на правую половину лампы L_8 , заставляя срабатывать реле P_1 .

Устройство, при помощи которого достигается работе реле

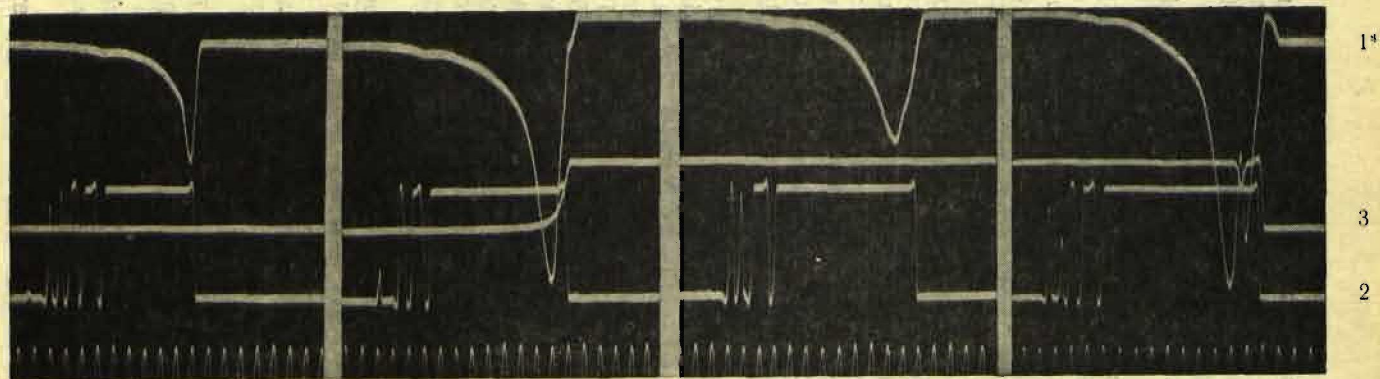


Рис. 5.

* Показано продифференцированное напряжение, снятое с катодного сопротивления лампы Лв.

P_1 только на размыкание, выполнено на лампе L_{15} и представляет собой импульсное электронное реле.

Реле работает следующим образом. Изменение напряжения на катодном сопротивлении лампы L_8 при помощи дифференцирующих цепочек подается на управляющие сетки лампы. В момент зажигания неоновой лампы (или появления звезды) продифференцированный положительный импульс поступает на обе сетки L_{15} , однако вследствие включения диодов D_1 и D_2 этот импульс может воздействовать только на правую (по схеме) половину лампы L_{15} и вызовет кратковременное протекание тока через обмотку реле P_1 в направлении, указанном стрелкой. При потухании неоновой лампы (или исчезновении звезды) дифференцированный отрицательный импульс может воздействовать только на левую половину лампы L_{15} , что вызовет кратковременное протекание тока через обмотку реле P_1 в том же направлении, что и в предыдущем случае. Следовательно, в любом случае реле будет работать в одном режиме. Теперь стало возможным получить все четыре отметки моментов времени при определении запаздывания.

На рис. 5 показана осциллограмма полного цикла определения запаздывания усилителя.

Многочисленное определение запаздывания фотоэлектрической установки показало высокую точность. Разброс величины запаздывания для разных режимов, относительно «нормального» не выходило за пределы $0,001$ сек.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сухов В. Б. и Платонов Ю. П. Известия Главной Астрономической обсерватории в Пулкове. Том XXI, вып. 2, № 161, 52, 1958.
2. Павлов, Н. Н. Труды Главной Астрономической обсерватории в Пулкове. Сер. II, Том IX, 1946.

KOPSAVILKUMS

J. Skrins un K. Šteins. Par fotoelektriskās iekārtas lietošanu kopā ar drukājošo hronografu 21-P.

Lai varētu iegūt precizus rezultātus fotoelektriskā iekārtā signāli jāpārvērš īsu impulsu veidā un jāizmanto tikai releja izslēgšanas momenti. Dotā attiecīgā fotoelektriskās iekārtas pārveidotā shema.

SUMMARY

J. Skrips and K. Steins. On the Use of a Photoelectric Device with the Printing Chronograph 21-P.

In order to obtain precise results the signals of the photoelectric device have to be transformed into short impulses. One can only use the moments when the relay is being switched on. A modified circuit for a photoelectric device is given.

М. К. АБЕЛЕ

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ СРЕДНЕЙ ЧАСТОТЫ В ЗВЕЗДНУЮ

При наблюдении на пассажном инструменте удобнее вести наблюдения в системе звездного времени. Для этого необходим кварцевый генератор или кварцевые часы имеющие на выходе звездную частоту. Это необходимо для вращения дисков печатающего хронографа. Однако в Службе времени ЛГУ имеются кварцевые часы только среднего времени. Описанное ниже несложное устройство позволяет преобразовать среднюю частоту в звездную или обратно.

Как известно, отношение звездной частоты $f_{зв}$ к средней $f_{ср}$ есть

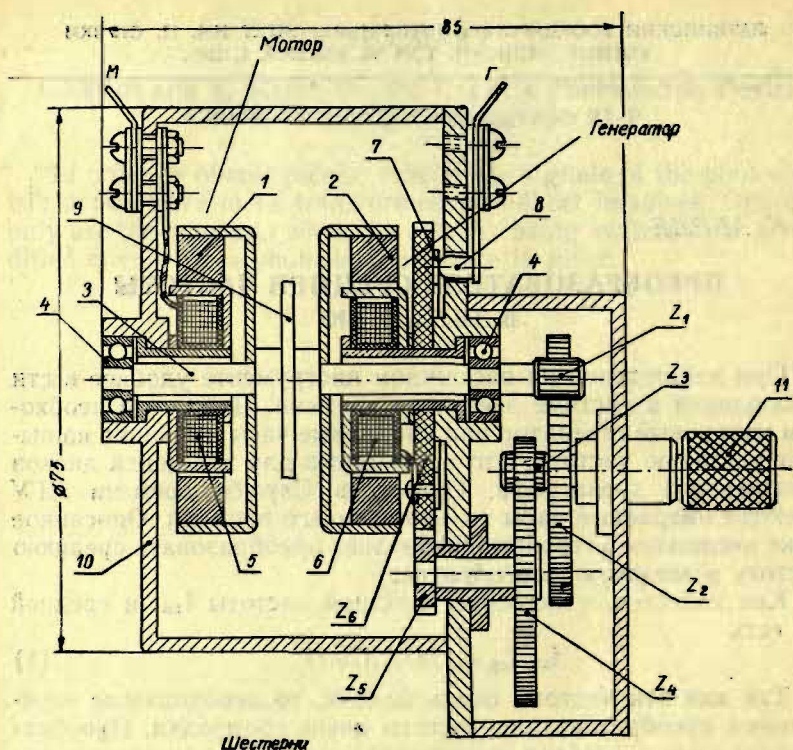
$$f_{зв} : f_{ср} = 1,002737909 \quad (1)$$

Так как эти частоты очень близки, то необходимые электронные преобразователи частоты очень громоздки. Преобразование частот удобнее осуществить механическим путем, используя синхронный мотор, который при помощи зубчатой передачи вращает генератор, дающий ток звездной частоты. Если мотор и генератор имеют одинаковое число полюсов, то ротор генератора относительно статора должен вращаться в $f_{зв} : f_{ср}$ раз быстрее. Для конструирования зубчатой передачи необходимо $f_{зв} : f_{ср}$ выразить по возможности точнее как отношение по возможности малых целых чисел. Мы остановились на отношении

$$f_{зв} : f_{ср} \approx 1 + \frac{81}{29584} \approx 1,002737966. \quad (2)$$

Разность (1)—(2) частот дает $57 \cdot 10^{-9}$ т. е. в течение часа эта разность составляет $0,205 \cdot 10^{-3}$ сек., а за сутки 0,0049 сек.

Схема преобразователя дана на рис. 1. Ротор мотора 1 и генератора 2 неподвижно закреплены на общей оси 3, которая вращается в подшипниках 4. Статор мотора 5 неподвижно прикреплен к корпусу преобразователя 10, а статор генератора 6 крепится к шестерне Z_6 , которая при помощи шестерен Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 и Z_5 вращается против направления вращения ротора генератора.



Шестерни

- Z_1 - 9 зубьев
- Z_2 - 86 " "
- Z_3 - 9 " "
- Z_4 - 86 " "
- Z_5 - 25 " "
- Z_6 - 100 " "

Рис. 1.

Таким образом ротор генератора вращается относительно статора в $1 + \left(\frac{9}{86}\right)^2 \cdot \frac{25}{100} = 1 + \frac{81}{29584}$ раз быстрее чем ротор мотора, и в обмотке якоря генератора индуцируется переменное напряжение, которое при помощи контактного кольца 7 и контактной пластинки 8 выводится наружу. Для устранения непосредственной магнитной связи между якорями мотора и генератора, на оси имеется магнитный экран 9 из мягкого железа. На оси шестерен Z_2 и Z_3 имеется ручка для запуска мотора от руки. В конструкции преобразователя использованы генераторы от карманного фонарика ЭЛ 12-40.

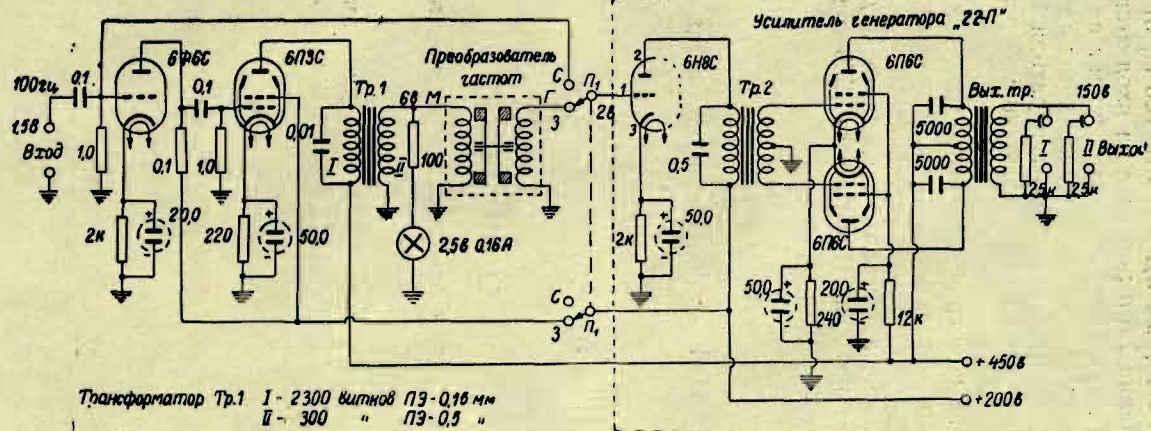


Рис. 2.

Для питания мотора преобразователя и хронографа был построен усилитель (рис. 2). Частота 100 гц от кварцевых часов при напряжении 1,5 в подается на вход этого усилителя, и после усиления двумя каскадами поступает на якорь мотора. Звездная частота от преобразователя частот поступает на усилитель низкой частоты кварцевого генератора 22-П; при этом должны быть выключены все предыдущие каскады генератора (делители).

Печатающий хронограф может работать как от средней частоты, так и от звездной. Для этой цели имеется тумблер «П₁».

Описанный выше преобразователь частоты успешно применяется в Службе времени ЛГУ с марта 1959 года.

KOPSAVILKUMS

M. Ābele. Vidējās laika frekvences pārveidotājs zvaigžņu laika frekvencē.

Dota shēma un apraksts mehāniski-elektriskai iekārtai, kas pārveido vidējā laika frekvenci zvaigžņu laika frekvencē.

SUMMARY

M. Abele. A Mean Time Frequency Transformer on Stellar Time Frequency.

A circuit diagram and description is given for a mechanical and electric device for transforming mean time frequency on stellar time frequency.

Я. М. КЛЕТНИЕКС

ПРИВЕДЕНИЕ ДАННЫХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ ВРЕМЕНИ С 1 VIII 1957 г. по 31 XII 1959 г. К ОСНОВНОЙ СИСТЕМЕ

Астрономические поправки часов определялись на пассажном инструменте типа Бамберг (Askania Werke) № 83080 ($f=65$ см, $d=70$ мм) с контактным микрометром.

Главными часами Службы времени являлись маятниковые часы АЧЭ № 25, идущие по среднему времени, а начиная с мая месяца 1958 года — кварцевые часы фирмы «Rohde und Schwarz» тип САА В N 78011, FN : Z 375/6 (условное обозначение RK₁).

Радиосигналы времени принимались на радиоприемниках типа ПРВ и Р-250. Сигналы регистрировались стробоскопическим методом на хроноскопе, изготовленном работниками Службы времени. Точность регистрации ± 1 мсек. С мая месяца 1959 г. радиосигналы времени принимались осциллографическим методом; точность регистрации и хранения времени ± 0.2 мсек. В данном периоде принимались сигналы времени следующих радиостанций:

	Позывные радиостанций:	Несущая частота:
СССР, Москва	ROR	17 кгц
СССР, Москва	RWM	5380, 7690, 10050, 14880 кгц
Франция, Ste-Asisse	FYP	91.15 кгц
Франция, Pontoise	TQG5	13873 кгц
Франция, Pontoise	TQC9	16775 кгц
КНР, Зикавей	BPV2	9368 кгц

Астрономические наблюдения производились наблюдателями Каупуша Э. Я. (условное обозначение К), Клетниекас Я. М. (Кл), Розе Л. Ф. (Р), Штейнс К. А. (Ш).

Во время МГГ система астрономических определений поправок часов неоднократно подвергалась изменениям в связи

с введением новой аппаратуры. Однако выяснилось, что в цепях регистрирующей аппаратуры неправильно учтены постоянные времени. Поэтому, в настоящей статье даны отдельные системы определения времени и поправки, которые следует прибавить к результатам, опубликованным в [1], чтобы получить одну систему, которая по нашим исследованиям является самой надежной.

Неоднократные исследования инструментальных постоянных и запаздываний в цепях регистрирующей аппаратуры показали, что в периоде от 1 VIII-1957 г. до 31 XII-1959 г. имелись четыре системы определения времени.

I. Система периода от 1 VIII до 30 IV-1958 г. Главные часы АЧЭ № 25. Радиосигналы времени регистрировались на хроноскопе. Моменты прохождений звезд регистрировались на печатающем хронографе типа 21-П. Точность одного отпечатка ± 2 мсек. При сравнении часов с радиосигналами времени, минутные и полуминутные импульсы часов АЧЭ № 25 и импульсы секундных и ритмических радиосигналов времени подавались на хроноскопе. При определении поправки часов было принято, что на хроноскопе регистрировалось начало минутного и полуминутного импульса часов АЧЭ № 25, а фактически, как выяснилось позже, регистрировался конец импульса. Регистрация конца или начала импульса часов АЧЭ на хроноскопе зависела от полярности источника питания тиратронного реле хроноскопа. По неопытности радиотехников Службы времени режим полярности тиратронного реле хроноскопа не был согласован с отпечатками сигнала на печатающем хронографе. Таким образом, на хроноскопе регистрировался конец импульса часов АЧЭ № 25, а на печатающем хронографе всегда печаталось начало импульса часов. Поэтому в определении времени появилась постоянная ошибка. Длина импульса часов АЧЭ № 25 является постоянной величиной $0^s.048$, которую обозначим $\tau_{\Delta p}$. Величину $\tau_{\Delta p}$ следует прибавить к TU_2 .

Аналогичная ошибка была допущена при определении запаздывания радиоаппаратуры. Разность времени регистрации конца и начала сигнала в этом случае равна $0^s.011$, эту величину обозначим τ_{Γ} . Величину τ_{Γ} следует прибавить к TU_2 .

Итак, в данном периоде следует учесть две постоянные поправки: $\tau_{\Delta p} = 0^s.048$ и $\tau_{\Gamma} = 0^s.011$, которые нужно прибавить к TU_2 опубликованным в [1].

II. Система периода от 1 V-1958 г. — 28 V-1958 г. Главные часы: кварцевые часы RK_1 . Для регистрации моментов прохождений звезд часы АЧЭ № 25 использовались как вспомогательные часы, показания которых печатались на хронографе. Путем сравнения часов АЧЭ № 25 и RK_1 на хроноскопе,

осуществлялся переход к часам РК₁. Так как при регистрации на хроноскопе минутных и полуминутных импульсов часов АЧЭ № 25 имелась вышеупомянутая ошибка $\tau_{\Delta p} = 0^s.048$, то к астрономически определенным поправкам часов U_* следует прибавить $\tau_{\Delta p}$. Кроме того в рассматриваемом периоде условно сохранялась ошибка τ_{Γ} приема радиосигналов. Поэтому в данные системы II следует внести поправку на величину $\tau_{\Delta p} + \tau_{\Gamma} = 0^s.059$.

III. Система периода от 29 V-1958 г. до 31 XII-1958 г. Главные часы РК₁. Секундные импульсы часов РК₁ печатались на печатающем хронографе посредством дополнительного реле, запаздывание которого систематически определялось, но в U_* не вводилось. Поэтому от U_* следует вычесть запаздывание этого реле $\tau_{\Pi} = 0.004$. Кроме того, условно сохранялась ошибка в определении запаздывания радиоаппаратуры $\tau_{\Gamma} = 0^s.011$, указанная в I системе. Следовательно, в данном периоде поправку $\tau_{\Gamma} = 0^s.011$ следует прибавить к TU_2 , а $\tau_{\Pi} = 0^s.004$ вычесть.

IV. Система периода от 1 I-1959 г. до 31 XII-1959 г. Главные часы РК₁. Радиосигналы времени до мая месяца 1959 года принимались на хроноскопе, а позже — осциллографическим методом. IV система астрономического определения времени является основной системой, в которой учтены все инструментальные ошибки и запаздывания.

Ниже публикуем данные определения времени, которые сведены к основной системе. При этом мы придерживаемся схемы, по которой данные представлены в центре хранения материалов МГГ.

ОБЪЯСНЕНИЯ К ТАБЛИЦЕ.

- U_* — астрономически определенная поправка часов редуцированная к 12^h.06
 U_* — поправки, полученные после полуночи, редуцируются к 12^h.06 предыдущей даты.
 EU_* — средняя квадратичная ошибка поправки часов, вычисленная по следующей формуле:

$$EU_* = \pm \sqrt{\frac{[\Delta U^2]}{n(n-1)}}$$

где n — число звезд.

- $T^{\circ}C$ — температура воздуха около пассажного инструмента,
 $\Delta\lambda$ — поправка за движение полюса по данным Международного Бюро времени,
 ΔT_s — поправка за сезонную неравномерность вращения Земли по данным Международного Бюро времени,
 ω — принятый суточный ход часов. В периоде с 1 VIII 1957 г. по 30 VI 1958 г. ω дается в $0^s.001$, а с июля месяца 1958 г. в $0^s.0001$.

ЛИТЕРАТУРА

- [1.] Международный Геофизический год. Группа VIII, форма № 1, лист № 1—28. Астрономическая обсерватория Латв. гос. унив.

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ

С 1 АВГУСТА 1957 г. ПО 30 АПРЕЛЯ 1958 г.

ГЛАВНЫЕ ЧАСЫ АЧЭ № 25

№№ п. п.	Дата и эпо- ха наблю- дений по всемирному времени	Наблюде- тель	Число звезд	U _* редуцир. к 12 ^h .06	EU _* 0s.001	ТсС	Направле- ние и ско- рость ветра м/сек	Приятный сут. чреы ход часов	$\Delta\lambda$	ΔTs	$\Delta\lambda + \Delta Ts$	TU ₂ в средние моменты приема радиосигналов					
												RWM	FYP	RWM	FYP	RWM	
												20 ^h 0 ^m	21 ^h 0 ^m	2 ^h 0 ^m	22 ^h 30 ^m	24 ^h 0 ^m	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	A	B	C	D	E	
	1957 г. август																
1.	5.896	Ш	10	+5.199	+10	+16.0	NW4										
2.	5.951	Ш	11	+5.210	13	+15.0	NW4										
	5.924			+5.204				-160	-28	-2	-30	999	015	045	017	—	
3.	6.895	Ш	10	+5.063	16	+15.5	WSW1										
4.	6.961	Ш	12	+5.106	12	+15.5	WSW1										
	6.928			+5.084				-166	-28	-3	-31	037	—	069	057	035	
5.	8.875	Ш	12	+4.713	11	+13.0	0										
6.	8.942	Ш	12	+4.733	13	+12.2	0										
	8.908			+4.723				-190	-27	-4	-31	016	—	058	040	016	
7.	11.871	Ш	10	+4.087	10	+18.0	SSE2										
8.	11.940	Ш	12	+4.086	11	+16.0	SSE2										
	11.906			+4.086				-203	-26	-7	-33	983	001	024	002	991	
9.	13.889	Ш	10	+3.681	14	+17.0	SW2										
10.	13.947	Ш	10	+3.710	9	+16.0	SW2										
	13.918			+3.695				-202	-26	-8	-34	996	018	034	016	996	
11.	16.903	Ш	12	+3.060	10	+16.6	0										
12.	16.928	Ш	12	+3.081	9	+16.0	0										
	16.916			+3.070				-191	-25	-10	-35	981	996	029	—	—	
13.	23.900	Ш	13	+1.713	8	+12.5	W5	-228	-22	-15	-37	020	039	073	040	—	
14.	25.881	Ш	12	+1.228	12	+13.0	S6										
15.	25.944	Ш	11	+1.217	6	+13.0	S6										
	25.912			+1.222				-242	-22	-16	-38	003	017	—	019	009	

1957 г.																
сентябрь																
16.	1.950	К	11	+3.333	+ 8	+ 8.7	S1	-311	-19	-19	-38	—	018	048	016	007
17.	3.881	Кл	12	+2.702	13	+14.8	SSW3									
18.	3.950	Кл	10	+2.713	16	+13.0	SSW3									
	3.916			+2.708				-321	-18	-20	-38	023	017	055	017	011
19.	4.861	Р	13	+2.451	15	+11.6	SW1									
20.	4.979	Р	13	+2.424	12	+10.5	SW1									
21.	5.069*	Р	13	+2.436	09	+ 9.4	SW1									
	4.970			+2.437				-331	-18	-21	-39	058	064	099	064	059
22.	6.863	Ш	12	+1.758	7	+13.0	SW4									
23.	6.926	Ш	10	+1.746	11	+13.0	SW4									
24.	6.995	Ш	11	+1.729	7	+13.0	SW4									
	6.928			+1.744				-346	-17	-22	-39	042	033	071	033	039
25.	11.797	Кл	11	+0.026	11	+13.2	S5									
26.	11.844	Кл	10	+0.002	10	+12.6	S5									
27.	12.014*	Кл	11	+0.003	9	+12.4	S5									
	11.885			+0.010				-357	-16	-24	-40	030	020	067	018	030
28.	13.916	К	12	-0.670	10	+ 9.7	S3									
29.	13.999	К	13	-0.689	9	+ 8.9	S3									
30.	14.073*	К	12	-0.686	7	+ 8.3	S3									
	13.996			-0.682				-384	-15	-24	-39	060	048	096	048	060
31.	14.965	К	13	-1.104	11	+ 9.9	S6	-405	-14	-25	-39	023	006	058	008	026
32.	22.818	Кл	15	-4.542	9	+ 8.6	SSE1	-485	-11	-27	-38	090	057	113	057	085
33.	29.825	К	13	-8.281	10	+ 4.9	0									
34.	29.800	К	14	-8.302	8	+ 4.2	0									
35.	29.972	К	15	-8.312	10	+ 3.4	0									
	29.8 2			-8.298				-576	- 8	-28	-36	090	058	109	059	—
36.	30.783	Р	10	-8.901	13	+ 5.0	0	-557	- 8	-28	-36	077	037	—	035	—
												FYP	FYP	RWM	FYP	ROR
												20h0m	21h0m	22h0m	22h30m	24h0m
37.	7.921	Кл	12	-5.031	14	+ 4.2	0					F	B	C	D	G
38.	7.997	Кл	12	-4.981	10	+ 3.2	0									
39.	8.075*	Кл	13	-4.997	11	+ 2.1	0									
	8.005*			-5.003				-618	- 4	-28	-32	—	062	116	—	063

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	F	B	C	D	G
40.	12.850	P	11	- 7.848	±15	+ 7.9	0									
41.	12.910	P	12	- 7.843	8	+ 6.8	0									
42.	12.981	P	13	- 7.837	12	+ 6.0	0									
	12.914			- 7.843				-516	- 2	-28	-30	087	088	-	086	147
43.	14.811	Кл	16	- 8.944	7	+ 6.5	NW4									
44.	14.902	Кл	12	- 8.974	11	+ 5.0	NW4									
45.	14.975	Кл	13	- 8.930	7	+ 4.4	NW4									
46.	15 050*	Кл	11	- 8.935	11	+ 4.0	NW4									
	14.934			- 8.946				-523	- 2	-28	-30	017	014	-	013	080
47.	15.799	P	10	- 9.401	9	+ 6.6	N1									
48.	15.877	P	11	- 9.413	13	+ 2.9	N1									
	15.838			- 9.407				-540	- 1	-28	-29	078	077	-	078	146
49.	20.848	Кл	12	-11.918	10	+ 6.1	SW4									
50.	20.892	Кл	11	-11.955	5	+ 6.1	SW4									
51.	20.959	Кл	12	-11.921	12	+ 5.2	SW4									
52.	21.037*	Кл	11	-11.925	10	+ 4.9	SW4									
	20.934			-11.930				-464	+ 1	-27	-26	055	056	-	057	126
53.	23.935	Кл	14	-13.294	8	+ 5.7	S2									
54.	24.021*	Кл	15	-13.272	8	+ 5.7	S2									
	23.978			-13.283				-446	+ 2	-26	-24	074	073	113	069	140
55.	25.868	К	13	-14.208	9	+ 3.3	0									
56.	25.983	К	14	-14.137	7	+ 2.4	0									
	25.926			-14.172				-445	+ 3	-26	-23	073	071	113	-	-
	1957 г.															
	ноябрь															
57.	2.876	Кл	12	+ 2.413	7	+ 5.3	SW1									
58.	2.934	Кл	10	+ 2.417	9	+ 4.8	SW1									
59.	2.983	Кл	14	+ 2.414	12	+ 4.2	SW1									
	2.931			+ 2.415				-420	+ 6	-24	-18	062	061	107	060	148
60.	3.778	P	13	+ 1.965	13	+ 5.3	0									
61.	3.850	P	11	+ 1.979	14	+ 4.4	0									
	3.814			+ 1.972				-421	+ 6	-24	-18	032	032	079	035	139

62.	6.706	Кл	11	+ 0.738	+ 8	+11.0	SSE7											
63.	6.769	Кл	10	+ 0.744	9	+10.8	SSE7											
64.	6.840	Кл	13	+ 0.710	7	+10.3	SSE7											
65.	6.913	Кл	14	+ 0.713	8	+ 9.2	SSE7											
66.	6.991	Кл	14	+ 0.723	10	+ 8.6	SSE7											
	6.844			+ 0.722				-451	+ 7	-23	-16	041	041	093	038	127		
67.	11.826	P	12	- 1.621	7	- 0.3	0											
68.	11.915	P	15	- 1.586	10	- 1.2	0											
	11.870			- 1.603				-485	+ 9	-22	-13	053	057	096	055	145		
69.	27.783	K	12	- 9.608	8	- 7.2	SE3											
70.	27.894	K	11	- 9.573	8	- 9.4	SE3											
	27.838			- 9.590				-552	+14	-18	- 4	005	008	031	004	075		
71.	29.777	K	12	-10.724	7	- 6.6	NNE8											
72.	29.872	K	10	-10.723	11	- 6.9	NNE8											
	29.824			-10.724				-589	+15	-17	- 2	014	014	023	014	081		
73.	29.984	P	22	-10.692	9	- 7.0	NNE8											
74.	30.095*	P	12	-10.752	13	- 7.0	NNE8											
	30.040*			-10.722				-589	+15	-17	- 2	015	016	045	016	082		
75.	30.695	P	11	-11.311	12	- 5.4	0											
76.	30.774	P	13	-11.294	11	- 5.3	0											
77.	30.860	P	12	-11.261	9	- 5.5	0											
78.	30.922	P	11	-11.237	11	- 6.4	0											
	30.813			-11.276				-592	+15	-17	- 2	055	051	080	053	109		
	1957 г.																	
	декабрь																	
79.	5.907	Кл	16	-13.998	13	0.0	NNE5											
80.	6.001*	Кл	16	-14.044	9	- 1.4	NNE5											
81.	6.044*	Кл	13	-14.025	9	- 2.4	NNE5											
	5.997			-14.022				-490	+17	-16	+ 1	005	005	011	006	048		
82.	9.893	Ш	14	-15.896	8	- 4.0	WSW8	-413	+17	-15	+ 2	018	020	-	020	034		
83.	11.913	Кл	11	-16.733	14	- 6.7	0											
84.	11.985	Кл	14	-16.751	8	- 7.7	0											
85.	12.065*	Кл	14	-16.738	12	- 8.5	0											
86.	12.161*	Кл	11	-16.749	10	- 9.5	0											
	12.031*			-16.749				-374	+18	-14	+ 4	001	004	986	003	013		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	F	B	C	D	G
87.	14.788	K	17	-17.821	+ 9	- 8.0	NE1									
88.	14.943	K	12	-17.827	8	- 8.0	NE1									
	14.866			-17.824				-366	+18	-14	+ 4	998	996	-	994	991
89.	29.823	P	11	- 0.286	18	- 1.0	S8									
90.	29.881	P	9	- 0.300	17	- 1.1	S8									
	29.852			- 0.293				-137	+19	-11	+ 8	018	017	962	021	917
91.	30.902	K	14	- 0.462	11	- 1.4	SW2	-165	+19	-11	+ 8	996	995	937	996	885
	1958 г.															
	январь															
92.	4.681	Кл	12	- 1.481	9	- 9.3	SSE2									
93.	4.741	Кл	13	- 1.435	13	- 9.7	SSE2									
94.	4.819	Кл	15	- 1.465	10	-11.4	SSE2									
	4.747			- 1.460				-245	+19	-10	+ 9	017	016	951	014	869
95.	6.788	P	20	- 2.002	10	-15.0	E7	-322	+19	-10	+ 9	025	027	964	028	879
96.	12.801	Ш	13	- 2.269	7	- 2.7	0	- 43	+17	-10	+ 7	008	006	-	009	871
97.	12.739	Кл	12	- 2.220	7	- 2.2	0									
98.	12.864	Кл	10	- 2.260	10	- 3.2	0									
	12.802			- 2.240				- 43	+17	-10	+ 7	037	035	-	038	900
99.	18.752	P	15	- 2.078	9	- 2.5	SSW6	- 39	+15	- 9	+ 6	081	081	-	081	958
100.	19.897	K	10	- 2.234	9	- 2.6	SW10									
101.	19.954	K	12	- 2.194	11	- 2.8	SW10									
	19.926			- 2.214				- 60	+15	- 9	+ 6	983	983	912	981	863
	1958 г.															
	Февраль															
102.	20.868	Кл	11	- 4.204	8	- 5.9	SE5	-101	0	- 2	- 2	002	003	972	002	953
103.	23.927	Кл	11	- 4.468	8	-11.2	0									
104.	24.056*	Кл	15	- 4.504	9	-12.1	0									
	23.992			- 4.486				-145	- 2	- 1	- 3	050	050	025	054	015
	1958 г.															
	март															
								RWM	FYP	FYP	RWM	FYP	ROR	RWM		
								20 ^h 0 ^m	20 ^h 0 ^m	21 ^h 0 ^m	22 ^h 0 ^m	22 ^h 30 ^m	24 ^h 0 ^m	24 ^h 0 ^m		
								A	F	B	C	D	G	E		

105.	4.060*	Кл	15	-0.915	+ 6	-14.0	NNW3	-82	- 5	+ 1	- 4	-	066	065	086	067	045	-
106.	8.053*	Кл	14	-1.176	7	-10.5	ENE3											
107.	8.117*	Кл	14	-1.172	9	-10.9	ENE3											
	8.085*			-1.174				-41	- 8	+ 3	- 5	061	-	076	104	076	050	058
108.	12.841	Ш	10	-1.564	8	- 5.5	SSE2	-73	-11	+ 6	- 5	004	020	020	032	016	004	010
109.	15.793	Кл	14	-1.734	10	- 2.6	SSE3											
110.	15.865	Кл	14	-1.683	10	- 3.6	SSE3											
	15.829			-1.708				-34	-12	+ 7	- 5	-	029	029	037	022	002	-
111.	17.839	P	15	-1.820	6	- 1.8	NNE2											
112.	17.913	P	14	-1.806	8	- 2.7	NNE2											
113.	17.986	P	15	-1.773	12	- 3.5	NNE2											
	17.913			-1.800				-60	-13	+ 8	- 5	025	047	046	054	046	027	-
114.	19.796	Кл	14	-1.950	10	- 3.9	SSE3											
115.	19.855	Кл	14	-1.937	9	- 5.6	SSE2											
116.	19.914	Кл	12	-1.932	9	- 7.1	SSE2											
117.	19.970	Кл	13	-1.949	10	- 8.1	SSE2											
118.	20.032*	Кл	12	-1.932	10	- 9.4	SSE2											
119.	20.095*	Кл	11	-1.915	16	-10.6	SSE2											
	19.944			-1.936				-57	-14	+ 9	- 5	011	034	033	043	032	004	011
120.	21.856	P	10	-2.057	11	- 8.4	NNE3											
121.	21.906	P	11	-2.042	11	- 8.5	N3											
	21.881			-2.050				-64	-15	+10	- 5	003	035	034	038	034	003	-
122.	22.967	K	9	-2.133	10	- 4.8	ENE4											
123.	23.027*	K	13	-2.110	10	- 5.9	ENE4											
	22.997			-2.122				-78	-15	+10	- 5	-	034	040	019	034	974	980
124.	24.892	Ш	10	-2.298	13	- 3.5	S3											
125.	24.958	Ш	11	-2.320	13	- 4.5	S3											
126.	25.022*	Ш	13	-2.317	10	- 5.5	S3											
	24.957			-2.312				-84	-16	+11	- 5	984	037	038	021	038	989	990
127.	25.834	P	14	-2.402	8	- 3.2	0											
128.	25.895	P	11	-2.404	14	- 4.0	0											
129.	25.954	P	12	-2.379	10	- 4.7	0											
130.	26.014*	P	14	-2.363	12	- 5.4	0											
	25.924			-2.387				-84	-17	+12	- 5	998	054	053	045	052	001	001
131.	26.927	Ш	12	-2.469	12	- 2.5	NNW3											
132.	26.995	Ш	12	-2.470	7	- 3.0	NNW3											

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	A	F	B	C	D	G	E
133.	27.059*	Ш	12	-2.473	+13	-4.0	NNW3											
	26.994			-2.471				-69	-17	+12	-5	002	051	052	038	051	002	008
134.	27.849	Ш	12	-2.557		-3.0												
135.	27.925	Ш	13	-2.542		-4.0												
136.	27.993	Ш	12	-2.535		-5.0												
	27.922			-2.545				-48	-18	+13	-5	—	045	047	034	046	003	000
137.	28.816	Ш	13	-2.563		-2.5												
138.	28.879	Ш	13	-2.566		-3.0												
139.	28.940	Ш	12	-2.577		-4.0												
	28.878			-2.569				-17	-18	+13	-5	021	070	070	057	071	024	025
140.	29.819	P	9	-2.590		-3.3	NE3											
141.	29.887	P	13	-2.558		-4.4	NE3											
142.	29.943	P	11	-2.570		-5.5	NE3											
143.	30.003*	P	13	-2.575		-6.2	NE3											
	29.913			-2.573				-31	-19	+14	-5	016	064	062	021	059	008	014
144.	30.896	Кл	12	-2.582		-5.2	N3											
145.	30.951	Кл	13	-2.578		-6.2	NNW3											
	30.924			-2.580				-33	-19	+14	-5	014	062	060	012	062	014	021
	1958 г. апрель																	
146.	2.822	P	12	-2.700		+1.5	ESE8											
147.	2.876	P	12	-2.632		+0.7	ESE8											
148.	2.932	P	9	-2.638		-0.2	ESE8											
149.	2.992	P	14	-2.667		-1.0	ESE8											
	2.906			-2.659				-5	-21	+16	-5	—	104	103	099	105	063	065
150.	3.815	K	13	-2.694		+1.1	SSE6											
151.	3.873	K	12	-2.713		-0.1	SSE6											
152.	3.930	K	11	-2.676		-1.0	SSE6											
153.	3.989	K	14	-2.686		-2.0	SSE6											
	3.902			-2.692				+19	-22	+17	-5	—	069	072	066	069	029	032
154.	7.804	K	13	-2.583		-1.7	N4											
155.	7.868	K	14	-2.883		-2.4	N4											
	7.836			-2.586				+8	-24	+19	-5	001	037	038	—	040	001	010

156.	8.873	Кл	14	-2.538	+ 7	-0.8	NNW2											
157.	8.928	Кл	12	-2.560	9	-1.4	NNW2											
158.	8.982	Кл	10	-2.574	11	-1.8	N2											
159.	9.041*	Кл	12	-2.550	9	-2.4	NNE2											
	8.956			-2.556				+34	-24	+19	-5	030	070	071	-	071	038	041
160.	9.913	Ш	12	-2.553	9	+1.0	SE2											
161.	9.974	Ш	11	-2.538	8	-1.0	ESE2											
162.	10.034*	Ш	12	-2.530	9	-1.5	E2											
	9.974			-2.542				+48	-25	+20	-5	-	-	065	064	064	029	029
163.	10.851	P	9	-2.444	15	+2.7	0	+48	-25	+20	-5	078	124	123	130	122	087	086
164.	12.846	Кл	12	-2.360	8	-1.2	NW3											
165.	12.905	Кл	13	-2.396	7	-1.8	NW3											
166.	12.958	Кл	12	-2.373	9	-2.3	NW3											
167.	13.022*	Кл	11	-2.373	11	-2.7	NW2											
	12.933			-2.376				+49	-26	+21	-5	022	064	064	071	059	020	026
168.	13.859	Ш	15	-2.349	6	+1.5	SW2	+44	-27	+22	-5	-	035	037	050	037	003	002
169.	14.883	P	17	-2.295	8	+2.8	SW2											
170.	14.955	Г	13	-2.278	10	+1.7	SW2											
171.	15.020*	P	12	-2.280	6	+1.0	SW2											
	14.953			-2.284				+44	-27	+22	-5	-	070	072	-	072	029	030
172.	15.838	K	14	-2.186	10	+3.9	0											
173.	15.902	K	15	-2.181	6	+2.5	0											
	15.870			-2.184				+58	-28	+23	-5	078	120	119	131	118	079	080
174.	16.903	Кл	11	-2.187	11	+4.8	ESE3	+47	-28	+23	-5	-	054	054	-	053	011	017
175.	18.836	P	9	-2.135	12	+0.8	NW1											
176.	18.889	P	13	-2.115	10	+0.4	NW1											
177.	18.950	P	12	-2.115	11	+0.2	NW2											
178.	19.011*	P	13	-2.093	8	0.0	NW2											
	18.922			-2.114				-31	-29	+25	-4	-	060	059	070	056	010	015
179.	19.837	K	13	-2.170	9	+4.6	NNW3	-31	-29	+25	-4	973	018	018	029	016	973	977
180.	24.846	Кл	11	-2.680	10	+6.2	N2											
181.	24.893	Кл	12	-2.678	10	+4.9	E2											
182.	24.944	Кл	11	-2.710	13	+3.6	ESE2											
183.	24.998	Кл	12	-2.694	8	+2.6	ESE2											
	24.920			-2.690				-86	-31	+27	-4	002	041	040	-	038	991	996

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	A	F	B	C	D	G	E
184.	25.905	Ш	12	-2.771	+10	+3.0	0											
185.	25.969	Ш	12	-2.781	9	+2.0	0											
186.	26.024*	Ш	12	-2.768	10	+1.8	0											
	25.966			-2.773				+50	-31	+28	-3	001	048	050	063	054	013	019

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ С 1 МАЯ 1958 г.
ПО 31 ДЕКАБРЯ 1959 г. ГЛАВНЫЕ ЧАСЫ РК₁

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	A	F	B	C	D	G	E
187.	5.888	Ш	9	+0.544	+ 8	+ 3.0	NW2											
188.	5.955	Ш	13	+0.522	10	+ 2.0	NW2											
	5.922			+0.533				+ 1	+32	-34	-2	987	037	037	048	038	991	997
189.	6.900	Кл	11	+0.577	10	+ 4.0	SSE2	+ 1	+32	-34	-2	—	080	079	—	081	035	040
190.	8.857	Кл	11	+0.549	10	+ 5.0	N2											
191.	8.922	Кл	11	+0.546	10	+ 3.9	N2											
	8.890			+0.548				0	+33	-35	-2	—	050	050	—	050	002	005
192.	12.924	Кл	14	+0.548	9	+ 7.9	S3	0	+34	-36	-2	001	044	044	033	045	998	000
193.	13.894	Ш	11	+0.539	10	+ 5.8	NNW1											
194.	13.960	Ш	15	+0.537	9	+ 5.0	NNW1											
	13.927			+0.538				+ 5	+34	-36	-2	—	032	031	027	031	000	988
195.	15.009*	Кл	12	+0.615	8	+ 6.8	SSE2	+ 3	+34	-37	-3	—	103	102	—	102	061	065
196.	19.903	Ш	12	+0.544	12	+ 6.0	NNW3											
197.	19.954	Ш	11	+0.539	10	+ 5.0	NNW3											
	19.929			+0.542				+ 5	+35	-38	-3	—	004	000	982	—	—	983
198.	20.922	К	10	+0.587	12	+11.7	SSE2	+ 8	+35	-38	-3	015	043	043	014	040	017	022
199.	22.912	К	12	+0.809	9	+ 8.3	N1											
200.	22.977	К	10	+0.879	12	+ 7.8	SW1											
	22.944			+0.844				+ 6	+35	-39	-4	031	063	064	033	064	—	033

201.	29.959	К	12	+4.010	±10	+11.2	SW5	+14	+35	-41	-6	—	—	942	904	942	896	907			
202.	30.923	Р	14	+0.067	12	+12.1	0	+7	+35	-41	-6	944	991	991	940	990	940	938			
1958 г.																					
ИЮЛЬ																					
203.	7.908	Кл	12	+0.164	9	+11.0	W2														
204.	7.959	Кл	10	+0.165	11	+9.9	SSW2														
	7.934			+0.164				+10	-42	+34	-8	951	012	012	951	012	954	952			
205.	9.913	К	16	+0.172	10	+14.1	S2	+13	-42	+33	-9	937	996	996	935	996	937	—			
206.	13.899	К	12	+0.237	14	+10.3	NNW2														
207.	13.960	К	14	+0.220	9	+9.1	NNW2														
	13.930			+0.228				+16	-43	+32	-11	—	—	997	937	997	937	936			
208.	19.898	Кл	12	+0.327	11	+9.8	S2														
209.	19.952	Кл	10	+0.312	8	+8.6	S2														
	19.925			+0.320				+14	-43	+30	-13	928	005	004	927	003	—	932			
210.	25.928	Кл	14	+0.471	11	+13.4	N2	+17	-44	+27	-17	980	034	035	978	035	982	987			
211.	30.895	Кл	11	+0.600	8	+21.6	SSW2														
212.	30.954	Кл	14	+0.569	9	+20.3	NNW2														
	30.924			+0.584				+21	-44	+24	-20	011	049	049	—	051	—	021			
1958 г.																					
ИЮЛЬ																					
								ω	Δλ	ΔT _s	Δλ+ ΔT _s	ROR	TQC9	RW/M	ROR	RW/M	TQC5	BPV2	ROR	RW/M	FYP
								0 ⁰ .0001	0 ⁰ .001	0 ⁰ .001	0 ⁰ .001	8 ^h 0 ^m	8 ^h 0 ^m	10 ^h 0 ^m	12 ^h 0 ^m	12 ^h 0 ^m	13 ^h 0 ^m	15 ^h 0 ^m	16 ^h 0 ^m	20 ^h 0 ^m	20 ^h 0 ^m
								9	10	11	12	H	I	J	K	L	M	N	O	A	F
213.	1.884	К	10	+0.550	15	+19.9	ENE4														
214.	1.961	К	12	+0.580	7	+19.4	ENE4														
	1.922			+0.565				+385	-44	+24	-20	—	—	971	976	972	007	006	—	984	010
215.	7.920	Кл	11	-0.165	12	+13.0	NW2														
216.	7.975	Кл	11	-0.177	12	+12.3	W2														
	7.948			-0.171				+406	-44	+20	-24	026	041	024	028	025	026	035	029	030	037
217.	9.886	К	14	-0.110	12	+14.6	N2														
218.	9.943	К	13	-0.145	9	+13.4	N2														
219.	9.999	К	12	-0.102	12	+12.6	N2														
	9.943			-0.119				+435	-44	+19	-25	000	004	998	001	996	003	005	003	—	—
220.	10.895	Кл	11	-0.037	5	+16.6	WSW2														
221.	10.960	Кл	10	-0.001	6	+15.3	W2														
	10.928			-0.019				+444	-44	+18	-26	056	062	053	056	053	060	—	056	052	061

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	H	I	J	K	L	M	N	O	A	F
222.	11.919	III	12	-0.058	± 9	+15.0	SSW2														
223.	11.981	III	14	-0.015	8	+12.2	SSW2														
	11.950			-0.036				+434	-43	+17	-26	008	001	017	996	993	000	000	995	992	997
224.	19.881	P	12	+0.366	13	+12.0	NW2														
225.	19.951	P	17	+0.358	11	+11.0	0														
	19.916			+0.362				+471	-42	+11	-31	032	022	030	031	033	021	034	035	038	022
226.	20.872	Kл	11	+0.384	9	+12.3	N2														
227.	20.921	Kл	10	+0.428	10	+11.7	0														
	20.896			+0.406				+476	-42	+11	-31	-	023	028	-	-	017	029	-	027	018
228.	24.890	K	12	+0.582	12	+12.8	S2														
229.	24.939	K	13	+0.604	13	+11.8	SSW2														
	24.914			+0.593				+496	-41	+7	-34	-	008	015	-	015	-	021	-	025	009
230.	25.919	Kл	13	+0.691	8	+11.8	ESE2														
231.	25.972	Kл	12	+0.706	11	+10.7	ESE2														
	25.946			+0.698				+501	-41	+7	-34	-	-	071	-	070	-	077	-	077	062
232.	26.879	III	13	+0.724	14	+12.0	SSW2														
233.	26.935	III	13	+0.738	10	+11.5	SSW2														
234.	26.988	III	12	+0.722	8	+11.0	SSW2														
	26.934			+0.728				+506	-41	+6	-35	-	045	052	-	052	045	056	-	053	047
235.	31.905	K	14	+1.000	10	+15.4	SW3														
236.	31.972	K	15	+0.997	7	+13.8	SW3														
	31.938			+0.998				+531	-40	+2	-38	-	058	063	-	063	059	067	-	067	059
	1958 г. август																				
237.	1.875	Kл	12	+1.024	9	+14.9	SW2														
238.	1.925	Kл	11	+1.014	6	+13.5	W2														
239.	1.9 8	Kл	12	+1.005	8	+12.5	NNW1														
	1.926			+1.014				+384	-39	+1	-38	-	026	031	-	032	026	-	-	-	-
240.	2. 59	P	11	+1.042	12	+14.8	S3														
241.	2.909	P	11	+1.100	12	+14.0	SSE1														
	2.884			+1.071				-51	-39	0	-39	-	-	077	-	078	074	081	-	-	074

242.	3.874	Кл	11	+1.051	+10	+13.0	S4														
243.	3.923	Кл	11	+1.023	10	+12.2	S4														
244.	3.975	Кл	12	+1.032	6	+11.6	S4														
245.	4.026*	Кл	11	+1.057	12	+11.2	S4														
	3.950			+1.042				- 47	-39	0	-39	-	050	053	-	054	051	056	-	055	053
246.	9.886	P	14	+1.045	12	+11.8	WNW3	- 23	-38	- 5	-43	-	073	073	-	-	093	074	-	073	094
247.	11.873	Кл	11	+0.986	11	+13.7	N3														
248.	11.926	Кл	12	+1.003	8	+13.0	N2														
249.	11.977	Кл	10	+0.97	13	+12.6	0														
	11.925			+0.995				- 15	-38	- 6	-44	-	049	030	-	030	050	024	-	032	050
250.	12.838	Кл	12	+0.988	6	+15.2	SE2														
251.	12.888	Кл	11	+0.997	7	+14.5	SE2														
252.	12.940	Кл	13	+1.049	10	+14.3	SE2														
253.	12.993	Кл	12	+1.014	8	+13.7	SE3														
	12.915			+1.012				- 11	-37	- 7	-44	-	069	049	-	055	069	041	-	049	071
254.	13.874	Кл	11	+1.014	8	+16.3	ESE3														
255.	13.923	Кл	12	+1.006	8	+15.3	ESE3														
	13.898			+1.010				- 7	-37	- 8	-45	-	068	048	-	049	070	040	-	049	071
256.	20.882	Кл	13	+0.198	7	+14.8	NNW3														
257.	20.937	Кл	12	+0.148	11	+13.5	NNW3														
	20.910			+0.173				+ 21	-35	-13	-48	-	076	029	-	028	075	038	-	032	077
258.	22.882	Кл	12	+0.177	9	+13.0	ESE3														
259.	22.936	Кл	13	+0.174	9	+12.4	ESE4														
260.	22.994	Кл	12	+0.175	11	+12.0	SE5														
	22.937			+0.175				+ 29	-34	-14	-48	022	079	024	024	024	075	-	024	026	075
261.	24.911	К	10	+0.183	12	+14.4	S4														
262.	24.961	К	11	+0.196	6	+13.8	S4														
	24.936			+0.190				+ 37	-34	-15	-49	024	081	029	028	-	081	043	029	029	084
263.	25.835	Ш	13	+0.164	9	+13.0	S2														
264.	25.898	Ш	12	+0.159	11	+12.0	S2														
265.	25.968	Ш	12	+0.186	10	+11.3	S2														
	25.900			+0.170				+ 41	-33	-16	-49	-	058	010	-	005	058	019	-	011	059
266.	26.901	P	14	+0.182	7	+12.8	0														
267.	26.967	P	12	+0.155	8	+12.2	0														
	26.934			+0.168				+ 45	-33	-16	-49	008	052	009	006	008	050	013	005	-	997

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	H	I	J	K	L	M	N	O	A	F
268.	27.846	K	10	+0.188	+13	+14.2	SW2														
269.	27.898	K	15	+0.183	10	+13.5	SW2														
270.	27.958	K	12	+0.188	14	+12.8	SW2														
	27.901			+0.186				+ 49	-33	-17	-50	015	064	014	014	014	064	026	014	019	064
271.	28.839	Ш	11	+0.218	9	+16.0	SSE3														
272.	28.899	Ш	13	+0.183	11	+15.5	SSE3														
273.	28.955	Ш	13	+0.146	10	+14.0	SSE3														
	28.898			+0.182				+ 53	-32	-18	-50	003	058	008	005	—	—	017	005	007	056
274.	31.831	Ш	11	+0.211	15	+15.5	0														
275.	31.882	Ш	11	+0.201	9	+15.0	0														
276.	31.932	Ш	13	+0.169	10	+14.0	0														
	31.882			+0.194				+ 65	-31	-19	-50	005	058	002	005	002	055	014	005	005	055
	1958 г. сентябрь																				
277.	1.849	Кл	11	+0.220	12	+16.2	NNE2	+ 54	-31	-19	-50	026	078	022	026	023	076	033	028	024	077
278.	2.877	P	14	+0.230	7	+16.3	ESE2														
279.	2.947	P	14	+0.218	12	+13.4	ESE1														
280.	3.018*	P	13	+0.207	11	+12.0	0														
	2.947			+0.218				+ 58	-30	-20	-50	018	070	025	018	024	070	024	018	018	071
281.	3.838	K	11	+0.226	13	+14.2	NNW2														
282.	3.888	K	12	+0.225	6	+13.4	NNW2														
283.	3.947	K	16	+0.212	9	+13.2	NNW2														
284.	4.011*	K	11	+0.170	9	+13.6	NNW2														
	3.921			+0.208				+ 63	-30	-20	-50	999	055	007	001	010	055	008	002	003	054
285.	4.797	Ш	9	+0.182	11	+13.6	NNW2														
286.	4.850	Ш	9	+0.190	10	+13.6	NNW2														
	4.824			+0.186				+ 67	-30	-20	-50	973	028	980	975	981	026	978	974	971	028
287.	5.853	Кл	10	+0.220	11	+15.8	WNW2														
288.	5.902	Кл	10	+0.208	11	+15.2	WNW2														
	5.878			+0.214				+ 72	-29	-21	-50	—	051	—	—	—	049	999	—	996	050

289.	6.810	P	15	+0.253	+13	+13.8	0														
290.	6.871	P	15	+0.235	6	+12.9	0														
291.	6.939	P	15	+0.249	7	+12.3	0														
292.	7.007*	P	13	+0.235	11	+11.4	0														
	6.907			+0.243				+ 77	-29	-21	-50	014	072	021	016	023	071	019	017	015	070
293.	7.832	K	12	+0.245	10	+14.8	S2														
294.	7.885	K	11	+0.213	11	+13.9	SSE2														
295.	7.942	K	12	+0.225	14	+13.0	SSE2														
296.	8.004*	K	14	+0.205	10	+12.3	SSE2														
297.	8.066*	K	11	+0.227	9	+11.6	SSE2														
	7.946			+0.223				+ 81	-28	-22	-50	984	042	985	988	994	043	991	989	986	044
298.	8.798	III	13	+0.205	6	+18.8	NNW2														
299.	8.854	III	12	+0.220	11	+16.0	NNW2														
300.	8.910	III	11	+0.209	12	+15.0	NNW2														
	8.854			+0.211				+ 86	-28	-23	-51	965	024	966	967	972	024	972	965	967	025
301.	10.862	P	14	+0.296	10	+10.6	NNW2														
302.	10.928	P	13	+0.295	10	+9.6	NNW1														
303.	10.996	P	14	+0.288	10	+8.8	0														
	10.929			+0.293				+ 95	-27	-23	-50	--	--	--	--	--	--	017	006	007	072
304.	13.811	Кл	12	+0.365	8	+12.0	0														
305.	13.866	Кл	12	+0.363	8	+10.9	WSW1														
306.	13.924	Кл	14	+0.353	11	+10.2	WSW2														
	13.867			+0.360				+ 76	-26	-24	-50	001	057	005	000	006	056	999	999	000	054
307.	14.862	P	13	+0.369	9	+13.2	NW2	+ 80	-25	-25	-50	000	057	001	001	009	056	996	001	003	055
308.	16.814	III	12	+0.391	10	+8.0	SSE2														
309.	16.878	III	11	+0.362	7	+6.0	SSE2														
	16.846			+0.376				+ 88	-25	-25	-50	996	042	996	997	001	041	993	997	--	041
310.	17.806	Кл	13	+0.362	10	+7.4	SE2														
311.	17.858	Кл	11	+0.361	9	+6.0	SE1														
312.	17.914	Кл	11	+0.379	13	+5.1	0														
	17.859			+0.367				+ 91	-24	-26	-50	979	026	977	979	981	021	974	977	977	023
313.	18.838	P	13	+0.419	8	+6.5	0														
314.	18.906	P	15	+0.408	9	+5.6	0														
	18.872			+0.414				+ 95	-24	-26	-50	015	058	018	015	024	058	007	018	017	059
315.	19.773	K	13	+0.363	10	+8.5	NW2														
315.	19.836	K	15	+0.388	10	+7.3	NW2														
	19.804			+0.376				+ 99	-24	-26	-50	967	010	968	--	--	009	958	968	969	009

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	H	I	J	K	L	M	N	O	A	F
317.	24 801	Ш	8	+0.434	±16	+10.0	SSE2	+119	-22	-27	-49	982	011	930	980	980	009	954	980	981	009
318.	28.962	Ш	13	+0.469	6	+7.0	SSE2	+134	-19	-28	-47	986	996	975	975	976	996	932	975	976	997
319.	29.771	Кл	12	+0.528	7	+9.6	SSE1														
320.	29.823	Кл	12	+0.547	9	+9.1	SSE1														
321.	29.879	Кл	12	+0.539	10	+7.8	SSE2														
	29.824			+0.538				+138	-19	-28	-47	023	051	025	024	025	049	987	026	026	049
322.	30.744	Р	15	+0.584	7	+10.0	SSW2														
323.	30.811	Р	15	+0.570	7	+8.8	0														
	30.778			+0.577				+142	-18	-28	-4b	053	077	054	053	056	076	011	053	056	077
	1958 г.																				
	октябрь																				
324.	1.746	К	13	+0.558	6	+12.6	SE2														
325.	1.803	К	14	+0.573	11	+11.3	SE2														
	1.774			+0.566				+154	-18	-28	-46	024	051	024	023	022	051	003	022	024	051
326.	2.799	Ш	11	+0.560	13	+12.5	SE2														
327.	2.847	Ш	11	+0.538	7	+11.8	SE2														
328.	2.912	Ш	13	+0.535	7	+11.4	SE2														
	2.853			+0.544				+158	-18	-28	-46	982	013	985	983	984	013	965	989	986	012
329.	5.777	К	10	+0.621	8	+13.3	SW1	+172	-16	-28	-44	—	043	011	—	011	042	994	—	011	045
330.	8.852	Р	15	+0.698	10	+8.4	SSW4														
331.	8.920	Р	13	+0.712	9	+7.8	SSW4														
332.	8.982	Р	14	+0.753	9	+7.6	SSW4														
	8.913			+0.721				+185	-15	-28	-43	055	092	055	056	053	092	041	058	054	092
333.	15.939	Кл	11	+0.972	15	+4.5	S2														
334.	15.995	Кл	12	+0.942	9	+4.5	S2														
	15.967			+0.957				+202	-11	-27	-38	028	055	027	030	026	054	000	029	025	051
335.	16.778	Р	9	+0.991	13	+5.2	SSW1	+206	-10	-28	-38	040	069	039	039	038	074	015	045	038	067
336.	28.780	К	13	+1.215	8	+4.2	SE2														
337.	28.833	К	10	+1.205	8	+3.7	SE2														
	28.806			+1.210				+245	-3	-25	-28	990	029	995	986	993	028	976	983	992	029
	1958 г.																				
	ноябрь																				
								ROR	TQC9	FYP	TQC5	RWM	ROR	TQC5	BPV2	RWM	FYP				
								8 ^h 0m	8 ^h 0m	9 ^h 30m	9 ^h 30m	12 ^h 0m	12 ^h 0m	13 ^h 0m	15 ^h 0m	0 ^h 0m	20 ^h 0m				
								H	I	P	R	L	K	M	N	A	F				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	I	P	R	L	K	M	N	A	F
	1959 г. февраль																			
360.	4.780	P	12	+0.475	+ 9	+2.0	WNW2													
361.	4.848	P	11	+0.477	10	+1.9	NW2													
362.	4.909	P	11	+0.488	9	+1.6	NNW2													
	4.846			+0.480				+157	+28	-6	+22	010	—	009	005	010	010	995	009	012
363.	5.838	K	16	+0.486	8	+0.6	N3	+159	+28	-6	+22	002	004	002	997	—	001	982	999	005
364.	6.926	Кл	10	+0.527	13	-3.6	N1	+162	+28	-6	+22	030	030	029	022	031	030	007	026	033
365.	16.026*	Кл	13	+0.676	6	-0.6	NNW2													
366.	16.082*	Кл	12	+0.666	7	-0.8	NW3													
	16.054*			+0.671				+184	+27	-4	+23	025	027	024	006	—	023	987	007	—
367.	16.778	P	10	+0.713	6	-2.0	N2													
368.	16.845	P	11	+0.702	10	-2.2	S2													
	16.812			+0.708				+187	+26	-3	+23	—	—	042	023	029	—	004	025	044
369.	17.833	K	17	+0.701	8	+0.2	WNW5	+190	+26	-3	+23	015	020	016	996	—	015	977	996	019
370.	18.782	Ш	15	+0.742	10	+0.2	S2	+192	+26	-3	+23	036	041	039	018	026	036	998	018	040
371.	19.793	Кл	11	+0.770	12	+1.2	E2													
372.	19.860	Кл	13	+0.757	10	+0.2	E2													
373.	19.887	Кл	10	+0.763	14	-0.2	E2													
	19.848			+0.763				+194	+26	-2	+24	040	043	038	021	025	—	006	021	047
374.	26.791	Ш	11	+0.903	9	+3.0	WNW2													
375.	26.856	Ш	12	+0.888	8	+2.0	WNW2													
	26.824			+0.896				+212	+25	0	+25	023	023	022	006	—	021	987	006	024
376.	27.791	Кл	13	+0.949	10	+3.0	NNW3													
377.	27.852	Кл	14	+0.920	9	+2.4	NNW3													
378.	27.910	Кл	13	+0.902	6	+2.0	NW2													
	27.851			+0.924				+214	+25	0	+25	029	030	028	013	—	028	992	010	030
	1959 г. март																			
379.	1.970	Кл	10	+0.998	10	+1.8	N3													
380.	2.014*	Кл	10	+0.994	14	+0.9	N2													
	1.992			+0.996				+ 9	+24	+1	+25	055	058	057	053	—	057	043	—	056
381.	3.835	Ш	10	+1.037	13	+3.0	SSE2	+ 10	+24	+1	+25	054	053	052	—	—	052	036	—	056

382.	4.878	Кл	13	+1.076	+10	+ 3.6	SE5													
383.	4.936	Кл	13	+1.058	11	+ 3.0	SSE5													
	4.907			+1.067				+ 10	+23	+2	+25	062	—	061	040	—	060	041	044	061
384.	9.963	Ш	12	+1.156	9	- 1.0	N4	+ 10	+22	+4	+26	036	035	034	006	016	035	010	006	038
385.	10.853	Кл	12	+1.190	9	- 1.1	NW2													
386.	10.906	Кл	13	+1.189	8	- 1.6	NNW2	+ 10	+22	+4	+26	048	047	045	016	028	047	020	016	045
	10.880			+1.190																
387.	12.814	P	15	+1.255	8	+ 1.2	SSE2													
388.	12.875	P	14	+1.249	7	0	SSE2													
389.	12.934	P	12	+1.273	9	- 0.8	SE2	+ 10	+21	+5	+26	057	038	065	—	—	065	041	033	067
	12.874			+1.259																
390.	13.800	Кл	11	+1.244	7	+ 0.8	0													
391.	13.848	Кл	12	+1.252	8	+ 0.3	0	+ 10	+20	+6	+26	031	031	030	996	000	031	—	996	032
	13.824			+1.248																
392.	15.795	К	10	+1.267	10	+ 0.4	SE2													
393.	15.845	К	10	+1.310	8	+ 0.2	SE2	+ 11	+20	+7	+27	022	024	022	989	—	022	997	989	025
	15.820			+1.288																
394.	16.894	P	12	+1.357	7	- 0.4	SSE2													
395.	16.946	P	12	+1.368	6	- 1.4	SE2	+ 11	+20	+7	+27	071	073	071	037	049	070	045	038	073
	16.920			+1.362																
396.	17.933	Ш	11	+1.387	5	0	SSE2													
397.	17.989	Ш	10	+1.411	9	- 1.5	SSE2	+ 11	+20	+7	+27	084	084	083	048	—	084	058	051	087
	17.961			+1.399																
398.	18.843	Кл	13	+1.413	7	+ 0.8	SSE2													
399.	18.898	Кл	11	+1.404	8	+ 0.4	SSE2	+ 11	+19	+8	+27	065	064	066	033	—	065	040	—	064
	18.870			+1.408																
400.	19.902	К	14	+1.407	11	+ 0.1	NNE2													
401.	19.965	К	14	+1.438	8	- 0.1	NNE2	+ 11	+19	+9	+28	054	055	054	024	026	055	027	023	057
	19.934			+1.422																
402.	20.820	P	10	+1.433	7	- 0.1	NNW2													
403.	20.860	P	11	+1.444	7	- 0.5	NNW2	+ 11	+19	+9	+28	047	048	046	013	019	046	018	014	—
	20.840			+1.438																
404.	21.906	Ш	12	+1.469	7	+ 1.0	NNE2													
405.	21.961	Ш	13	+1.478	7	0	0	+ 11	+18	+10	+28	055	056	053	—	027	053	027	024	055
	21.934			+1.474																

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	I	P	R	L	K	M	N	A	F
406.	22.783	Kл	13	+1.496	±12	+ 2.7	NNE3													
407.	22.830	Kл	13	+1.507	9	+ 1.2	N2													
408.	22.841	Kл	10	+1.504	6	+ 0.2	N1													
	22.831			+1.502				+ 11	+18	+10	+28	055	052	053	024	—	049	028	024	053
409.	25.812	III	11	+1.646	11	+ 4.0	NNW2													
410.	25.861	III	11	+1.648	12	+ 3.0	NNW2													
	25.836			+1.647				+ 12	+17	+12	+29	018	017	017	997	—	017	994	994	021
411.	29.833	III	12	+1.787	6	+ 2.0	ESE4													
412.	29.856	III	10	+1.792	10	0	ESE4													
	29.844			+1.790				+ 12	+16	+14	+30	045	050	047	029	027	045	024	027	048
413.	30.937	Kл	12	+1.844	11	— 1.1	S2													
414.	30.949	Kл	13	+1.857	12	— 1.8	SSW1													
	30.963			+1.850				+ 12	+16	+14	+30	—	077	076	—	—	075	057	056	078
415.	31.786	K	11	+1.824	10	+ 1.6	—													
416.	31.843	K	13	+1.852	8	+ 0.3	—													
	31.814			+1.838				+ 13	+15	+15	+30	035	039	034	014	010	033	—	016	035
	1959 г.											TQC9	FYP	FYP	TQG5	TQG5	RWM	BPV2		
	апрель											gh _{0m}	gh _{0m}	gh _{10m}	gh _{30m}	gh _{30m}	14h _{1m}	15h _{0m}		
												I	S	P	R	M	T	N		
417.	8.792	K	10	+0.787	8	+ 4.3	S3													
418.	8.844	K	11	+0.794	12	+ 3.4	S3													
	8.818			+0.790				—237	+12	+19	+31	—	030	030	029	026	—	018		
419.	14.850	III	10	+0.657	12	+ 9.5	SSE2													
420.	14.898	III	9	+0.667	7	+ 9.1	SSE2													
421.	14.950	III	11	+0.661	9	+ 7.5	SSE2													
	14.899			+0.662				—225	+10	+22	+32	039	040	040	037	037	035	028		
422.	15.841	Kл	11	+0.678	8	+10.6	SSW2													
423.	15.897	Kл	12	+0.681	8	+ 9.5	S1													
424.	15.951	Kл	12	+0.662	6	+ 8.4	SSE1													
	15.896			+0.674				—223	+ 9	+23	+32	—	—	—	071	071	069	065		
425.	21.935	P	12	+0.543	10	+ 1.2	SSW2													
426.	22.003*	P	14	+0.545	10	+ 0.4	SSE3													
	21.969			+0.544				—211	+ 7	+26	+33	071	074	073	—	073	—	—		

427.	23.882	Кл	10	+0.479	± 4	+ 1.9	NNW2											
428.	23 932	Кл	13	+0.471	± 4	+ 0.9	ESE1											
	23.907			+0.475				-207	+ 6	+27	+33	041	044	043	040	040	052	—
429.	25.992	P	14	+0.459	11	+ 4.2	S2											
430.	26 051*	P	13	+0.483	8	+ 3.5	SSE2											
	26.022*			+0.471				-203	+ 6	+28	+34	077	080	080	077	076	087	073
431.	26.868	Ш	15	+0.411	8	+10.3	W4	-201	+ 6	+2	+34	037	039	039	037	036	049	035
432.	27.962	Кл	13	+0.323	7	+ 8.3	NW3											
433.	28 019*	Кл	13	+0.320	7	+ 8.2	NW3											
	27.990			+0.322				-199	+ 5	+21	+34	066	069	—	066	065	078	065
434.	28.922	Кл	10	+0.291	6	+10.2	SE3											
435.	28 977	Кл	11	+0.277	6	+ 9.4	SSE3											
	28.950			+0.284				-197	+ 5	+29	+34	047	—	051	047	047	058	046
												TQC9	TQG5	TQG5	RWM			
												8h ₀ m	9h ₃₀ m	13h ₀ m	16h ₀ m			
												I	R	M	U			
	1959 г.																	
	магн																	
436.	6 940	K	12	+0.092	11	+ 4.3	NW4											
437.	6.998	K	13	+0.120	10	+ 3.4	NW4											
	6.969			+0.106				-174	+ 2	+32	+34	009	007	007	023			
438.	7.897	P	13	+0.129	9	+ 7.2	N2											
439.	7.960	P	13	+0.124	10	+ 5.7	N2											
	7.928			+0.126				-173	+ 2	+32	+34	047	045	044	059			
440.	8.857	Ш	11	+0.085	9	+ 5.9	0											
441.	8.913	Ш	11	+0.084	8	+ 5.6	0											
442.	8.963	Ш	11	+0.090	9	+ 5.4	0											
	8.911			+0.086				-172	+ 1	+33	+34	021	021	020	036			
443.	9.935	Кл	12	+0.068	5	+ 7.6	N2											
444.	9.988	Кл	12	+0.067	8	+ 6.8	WSW1											
	9.962			+0.068				-171	+ 1	+32	+33	018	019	018	—			
445.	10 927	K	12	+0.029	6	+ 8.8	0	-170	0	+33	+33	998	996	995	—			
446.	12.867	Ш	11	+0.042	6	+11.2	0											
447.	12.922	Ш	11	+0.020	6	+11.5	0											
	12.894			+0.031				-168	0	+33	+33	—	032	032	—			
448.	20.868	Ш	13	-0.067	8	+ 9.0	NNW3	-146	- 3	+35	+32	—	019	020	040			
449.	21.980	Кл	13	-0 052	6	+ 4.8	0	-144	- 3	+35	+32	—	048	048	067			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	I	R	M	U
450.	24.885	III	12	-0.142	± 6	+ 7.0	0								
451.	24.937	III	11	-0.132	5	+ 6.5	0								
	24.911			-0.137				-140	- 4	+35	+31	007	005	005	025
452.	28.892	III	11	-0.186	8	+ 6.0	NW3								
453.	28.938	III	10	-0.183	7	+ 6.0	NW3								
	28.915			-0.184				-135	- 6	+35	+29	013	011	—	033
												TQG5	RWM	RWM	TQG5
												9 ^h 30 ^m	10 ^h 0 ^m	12 ^h 0 ^m	13 ^h 0 ^m
												R	J	L	M
	1959 г. июль														
454.	21.972	К	14	+0.128	10	+20.2	0	- 26	-18	+10	- 8	034	010	—	034
455.	24.919	Кл	12	+0.148	6	+20.6	0								
456.	24.980	Кл	12	+0.162	7	+19.8	0								
	24.949			+0.155				- 25	-18	+ 8	-10	—	043	043	066
457.	27.928	Кл	12	+0.138	8	+20.1	0								
458.	27.978	Кл	12	+0.114	8	+19.7	0								
	27.953			+0.126				- 24	-19	+ 5	-14	041	018	018	042
459.	28.889	Кл	12	+0.120	8	+19.3	0								
460.	28.942	Кл	13	+0.117	10	+18.2	0								
	28.916			+0.119				- 23	-19	+ 4	-15	036	011	011	036
461.	30.914	Р	15	+0.108	9	+15.9	0								
462.	30.979	Р	10	+0.098	9	+15.0	0								
	30.946			+0.103				- 22	- 19	+ 3	-16	023	998	998	023
	1959 г. август														
463.	7.863	Р	10	+0.127	16	+18.7	NW1								
464.	7.908	Р	10	+0.153	13	+17.8	NW1								
465.	7.985	Р	10	+0.114	4	+16.8	NW1								
	7.919			+0.131				0	-20	- 3	-23	057	022	022	057

466.	9.881	Kл	12	+0.142	± 7	+17.3	0										
467.	9.930	Kл	12	+0.134	± 5	+16.3	0										
	9.906			+0.138				+10	-20	-5	-25	062	026	026	062		
468.	10.876	K	12	-0.087	9	+17.3	NE1										
469.	10.938	K	13	-0.110	11	+16.3	NE1										
	10.907			-0.098				+10	-20	-6	-26	020	983	983			
470.	11.881	P	14	+0.142	10	+17.2	ESE2										
471.	11.944	P	14	+0.122	9	+15.6	ESE2										
	11.912			+0.132				+10	-20	-6	-26	053	016	016	053		
472.	12.883	Ш	10	+0.127	8	+17.6	SE4										
473.	12.940	Ш	11	+0.098	7	+17.0	SE4										
	12.912			+0.112				+15	-20	-7	-27	032	994	995	032		
474.	13.848	K	14	+0.083	10	+18.8	SE3	+15	-20	-8	-28		964	964	001		
475.	15.870	P	15	+0.133	8	+16.6	0										
476.	15.915	P	15	+0.174	12	+15.0	0										
	15.892			+0.154				+20	-21	-9	-30	065	027	027	065		
477.	16.872	K	13	+0.104	10	+18.8	0										
478.	16.929	K	15	+0.093	10	+17.8	0										
479.	16.984	K	10	+0.052	14	+17.0	0										
	16.928			+0.083				+20	-21	-10	-31	992	954	954	993		
480.	17.865	P	14	+0.140	8	+18.6	0										
481.	17.926	P	14	+0.139	10	+17.9	0										
	17.896			+0.140				+20	-21	-10	-31	046	008	007			
482.	19.902	K	13	+0.131	13	+18.1	0	+25	-21	-12	-33	032	993	994	032		
483.	20.857	P	15	+0.134	9	+19.6	NW1										
484.	20.918	P	15	+0.131	8	+19.0	NW1										
	20.888			+0.132				+25	-21	-12	-33	032	993	993	032		
485.	21.849	Ш	12	+0.132	6	+20.0	0										
486.	21.899	Ш	11	+0.158	7	+18.0	0										
	21.874			+0.145				+25	-21	-13	-34	040	001	001	040		
487.	22.835	K	10	+0.103	9	+21.2	0										
488.	22.900	K	12	+0.146	13	+20.2	0										
	22.868			+0.124				+25	-21	-14	-35	016	976	976	016		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	R	J	L	M	
489.	25.940	Кл	11	+0.186	± 8	+15.3	WNW5									
490.	25.990	Кл	10	+0.159	7	+15.6	WNW5									
	25.965			+0.172				+30	-20	-16	-36	057	011	—	056	
												TQC9	TQG5	RWM	TQG5	
												8 ^h 0 ^m	9 ^h 30 ^m	10 ^h 0 ^m	13 ^h 0 ^m	
												I	R	J	M	
	1959 г. сентябрь															
491.	1.829	P	15	+0.190	9	+11.2	0									
492.	1.887	P	15	+0.187	7	+10.4	0									
	1.858			+0.188				+41	-20	-19	-39	—	045	—	—	
493.	2.883	P	13	+0.205	10	+ 8.3	0									
494.	2.951	P	12	+0.169	8	+ 8.5	0									
	2.917			+0.187				+43	-20	-20	-40	—	038	—	037	
495.	3.880	P	11	+0.185	9	+11.4	0	+45	-20	-20	-40	—	033	998	032	
496.	4.820	P	15	+0.197	6	+10.6	0									
497.	4.877	P	15	+0.196	8	+ 9.2	0									
	4.848			+0.196				+47	-20	-21	-41	—	038	—	—	
498.	11.821	Ш	11	+0.243	4	+13.0	SW1									
499.	11.872	Ш	11	+0.253	7	+12.0	SW1									
	11.846			+0.248				+59	-20	-24	-44	048	047	021	047	
500.	12.819	Ш	12	+0.227	9	+14.0	SW1									
501.	12.869	Ш	10	+0.249	4	+13.0	SW1									
	12.844			+0.238				+61	-20	-24	-44	036	035	015	029	
502.	20.776	P	12	+0.304	10	+ 8.2	0									
503.	20.833	P	13	+0.319	8	+ 7.4	0									
	20.804			+0.312				+76	-19	-26	-45	052	050	021	051	
												TQG5	RWM	RWM	TQG5	
												9 ^h 30 ^m	10 ^h 0 ^m	12 ^h 0 ^m	13 ^h 0 ^m	
												R	J	L	M	
															T	
	1959 г. октябрь															
504.	4.808	К	14	+0.028	10	+ 2.7	SW3	-23	-17	-28	-45	998	—	—	998	961

505.	8.762	III	11	+0.068	±10	+ 3.0	0											
506.	8.810	III	12	+0.057	5	+ 2.3	0											
	8.786			+0.062														
507.	12.768	P	12	+0.053	7	+ 3.6	0	-12	-16	-28	-44	039	996	996	039	997		
508.	18.897	K _{II}	12	+0.010	4	+ 6.0	SE5	+ 6	-15	-28	-43	035	991	991	035	991		
509.	19.778	P	17	+0.037	7	+ 9.1	SSW3	+ 4	-14	-27	-41	998	953	—	999	954		
510.	27.731	III	11	+0.046	6	+ 6.2	SSE7	+16	-12	-26	-38	032	977	977	031	—		
511.	28.866	P	13	+0.027	8	+10.4	SSE6											
512.	28.928	P	14	+0.048	6	+10.2	SSE6											
	28.897			+0.038				+18	-12	-25	-37	022	968	968	023	967		

KOPSAVILKUMS

J. Klētnieks. No 1957. g. 1. VIII līdz 1959. g. 31. XII laika noteikšanas datu reducēšana pamatsistēmā.

Dotā periodā laika noteikšanas sistēma, sakarā ar jaunas aparatūras ieviešanu un nepareizu laika konstanšu noteikšanu reģistrējošā aparatūrā, mainījusies četras reizes. Lielākā kļūda radusies reģistrējot uz drukājošā hronografa pulksteņa signāla sākumu, bet uz hronoskopa signāla beigas. Darbā parādītas šīs 4 atsevišķās sistēmas un doti labojumi, kuri jāpieskaita SĢG materiālu savākšanas centros nosūtītiem datiem: grupa VIII, forma Nr. 1, LVU Astronomiskās observatorijas Laika dienesta lapas Nr. 1—28, lai iegūtu visvarbūtīgāko laika sistēmu.

Pievienotajā tabulā dotas izlabotās pulksteņu korekcijas un TU_2 nozīmes varbūtīgākā laika sistēmā.

SUMMARY

J. Kletnieks. Reduction of the Data of Time Determination to the Principal System in the Period 1957, August 1 — 1959, December 31.

During this period the system of time determination has been changed four times as a result of introducing new apparatus and using incorrect determinations of time constants in the recording instruments.

This paper describes these 4 separate systems and gives corrections that must be added to the data of time determination sent to the IGY collecting centres of materials: group VIII, form No. I, page No. 1 — 28, of the Time service of the Astronomical Observatory of Latvian State University in order to obtain the most probable time system. The greatest correction was due to the registration of the beginning of clock signal on the printing chronograph and the end of signal on the chronoscope.

In the Table added to this paper have been given the corrected astronomical clock corrections and TU_2 , which form the principal system of time determination.

К. А. ШТЕЙНС

ОБ ОСНОВНЫХ ВОПРОСАХ ТЕОРИИ ЗАХВАТА КОМЕТ*

Уже в самом начале вычислений орбит комет пришлось столкнуться со случаями, когда кометы очень близко приближаются к Юпитеру, вследствие чего сильно изменяются элементы их орбит. Возникли трудности отождествления комет в случае больших возмущений. Тиссеран [1], Шульхоф [2] и другие ученые разработали несколько критериев, по которым можно установить, представляют ли две системы элементов, определенные на основе наблюдений через большой промежуток времени, одну и ту же комету. Большие изменения в элементах комет возможны только в том случае, если кометы подходят к Юпитеру ближе, чем на $0.2-0.1$ а. е. Шульхоф показал, что через некоторое время после больших возмущений короткопериодическая комета должна опять сблизиться с Юпитером, т. к. кратчайшее расстояние между орбитами мало меняется. Таким образом, имеется группа комет (примерно 30% всех короткопериодических комет), у которых через 50—100 лет сильно меняются элементы орбит. Примером такой кометы является комета ВОЛЬФ I, для которой определена весьма точная орбита проф. Каменским [3]. За период 1750—1884 г.г. комета имела 3 сближения с Юпитером; теснейшее из них состоялось 31 XII-1756 г. с кратчайшим расстоянием 0.076 а. е. и вызвало огромные возмущения движения. Другое тесное сближение произошло в 1922 г. с наименьшим расстоянием $0,125$ а. е. В результате испытанных возмущений расстояние в афелии p и наклонность i орбиты мало изменились; но остальные элементы и особенно период обращения P , а также перигельное расстояние q подвергались очень существенным изменениям. Так орбита перед 1756 г. имела $q=1.26$ а. е., в период 1757—1875 г.г. $q=2.42$ а. е. в период 1875—1922 г.г. $q=1.61$ а. е. а с 1922 г. $q=2.45$ а. е. Еще большие изменения произошли с кометой Отерма, которая по очень точным вычислениям Фокина [4] перед 1936 г. двигалась между орбитами Юпитера и Сатурна, а потому комета не могла наблюдаться. В результате больших возмущений элементы орбиты изменились до неузнаваемости и она начала двигаться

* Прочитано на семинаре по кометам 4—6 июля 1960 г. в г. Тарту.

по орбите между Юпитером и Марсом. Следующее сближение кометы с Юпитером должно произойти в 1961 г. Проф. Дубяго [5] исследовал движение кометы Шайн-Шальдека в период от 1949 до 1928 г. по данным 1949 г. и обнаружил, что раньше эта комета двигалась почти по окружности, а после приближения к Юпитеру стала двигаться по эллипсу. Перигельное расстояние изменилось от $q=4.2$ а. е. до $q=2.2$ а. е.

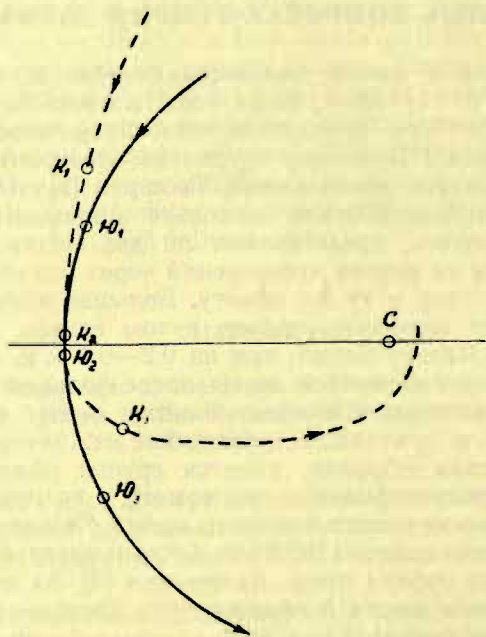


Рис. 1.

Упомянутые и другие конкретные вычисления невольно наводят на мысль, что короткопериодические кометы возникают из параболических после их достаточно близкого приближения к Юпитеру или другой большой планете. Эта возможность была в течении 60 лет всесторонне изучена. Выдающийся исследователь комет Н. Д. Моисеев [6] в 1934 г. писал: «Никто не сомневается в том, что единичные случаи захвата имели место. Еще менее найдется астрономов, которые могут высказать веские соображения против основной мысли теории захвата комет, именно против рассмотрения проблемы формы кометной орбиты, как проблемы теории возмущений. С другой стороны, также мало найдется сторонников теории захвата, которые стали бы отрицать наличие фундаментальных про-

тиворечий между некоторыми следствиями из теории захвата и наблюдаемыми особенностями орбит короткопериодических комет». В последние 10 лет в теории захвата был достигнут ряд кардинальных улучшений, хотя не было предложено ни одного принципиально нового физического фактора. Главные трудности, которые имелись в теории захвата и частично имеются до сегодняшнего дня, это неумение учесть в математической теории влияние ряда физических факторов.

Общую теорию захвата разработали Тиссеран [7], Х. А. Ньютон [8], Шульхоф [2] и в последнее время бельгийский астроном Вурком [9]. Тиссеран показал, что если параболическая комета, перемещаясь в направлении движения Юпитера, обгоняет его и подходит к Юпитеру на расстояние порядка 0.01 а. е. , то орбита кометы превращается в эллипс, с афелием на орбите Юпитера, большой полуосью примерно 3.2 а. е. , эксцентриситетом $e=0.64$, перигелийным расстоянием $q=1.1 \text{ а. е.}$ Сказывается, что кометы примерно с такими орбитами составляют около 70% всех короткопериодических комет. Это кометы семейства или группы Юпитера. Так как возможны другие, чем рассмотрено у Тиссерана, случаи приближения кометы к Юпитеру, то следует ожидать, что при захвате должны образоваться эллипсы разных размеров и даже гиперболы, которые не наблюдаются.

Шульхоф и Каландро [8] дали формулы, по которым можно подсчитать, как происходит движение комет вблизи Юпитера, и установили ряд особенностей, орбит комет, если они образовались путём захвата. Шульхоф установил, что у комет группы Юпитера действительно наблюдаются теоретически установленные им свойства. Шульхоф и Каландро составили ряд таблиц, по которым легко установить, каким будет вид орбиты после захвата в данном конкретном случае. Чтобы иметь представление об этих результатах, рассмотрим плоскую задачу и опишем вокруг Юпитера круг действия. Приближенно можно считать, что в круге действия комету притягивает только Юпитер, а вне круга действия только Солнце. В таком случае определение возмущений будет состоять в следующем:

1. Определение относительной скорости в момент входа кометы в круг действия.

2. Определение движения кометы в относительном движении вокруг Юпитера по гиперболе. Этот подсчет можно заменить определением угла поворота относительной скорости, так как при выходе из круга действия относительная скорость равна относительной скорости при входе в круг действия.

3. Определение абсолютной скорости после выхода из круга действия, которая полностью определяет орбиту после захвата.

При рассмотрении очень больших возмущений, вычисления можно упростить, учитывая, что в этом случае относительная скорость при входе и выходе из круга действия почти точно направлена на Юпитер. Следовательно в каждой точке на окружности можно указать направление, по которому следует двигаться комете, чтобы получилось очень большое возмущение. Так, например, если комета входит в круг действия в точке А (рис. 2), то она должна двигаться в направлении движе-

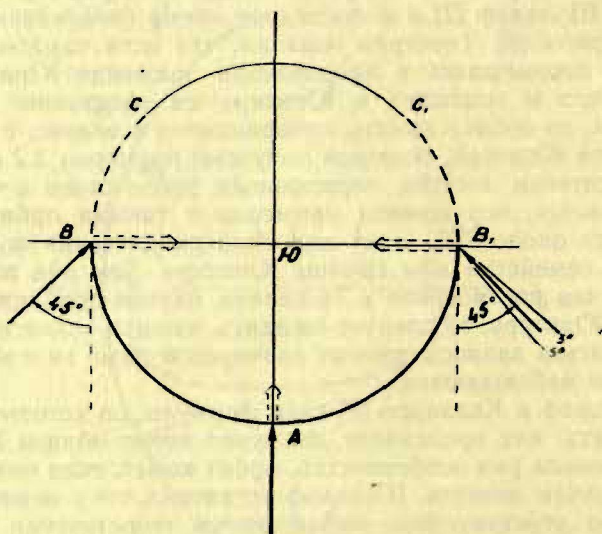


Рис. 2.

ния Юпитера, а если комета входит в круг действия в точке В, то она должна двигаться под углом 45° к направлению движения Юпитера, ибо только тогда относительная скорость будет направлена к Юпитеру. Если направления скоростей комет будут несколько отличаться от указанных (примерно на $\pm 5^\circ$), то получатся также очень большие возмущения, однако кометы не будут выходить из круга действия в тех же точках, в которых вошли.

Следовательно, весь расчёт движения кометы в круге действия приводится к определению точки выхода из круга действия, т. е. к нахождению угла поворота относительной скорости. Конкретные вычисления показывают, что вход кометы в круг действия через дугу \cup ВАВ₁, даёт прямые движения. Гиперболы в этом случае имеют перигельные расстояния больше $2.5 a. e.$, т. е. кометы практически не будут видны. Таким

образом, если комета входит в круг действия сзади, то при очень больших возмущениях получаются эллиптические орбиты прямого движения. Если комета входит в круг действия через дуги $\cup BC$ или $\cup B_1C_1$, то получаются обратные движения, а если через дугу $\cup CC_1$, то только движения по гиперболам. Х. А. Ньютон дал простые формулы, по которым можно подсчитать одномерные распределения комет по большим полуосям и наклонностям орбит после захвата. Результаты вычислений показали преобладание прямых движений над обратными примерно в отношении $\cup AB : \cup BC$. Максимальное число орбит получается при наклоне плоскостей 40° . В действительности не имеется ни одной короткопериодической орбиты ($a < 5.2 a. e.$) с обратным движением, а максимум имеется при наклоне 20° . Из вычислений Ньютона следует быстрое возрастание количества комет с ростом значения a , что также в действительности не имеет места.

Подобные вычисления для плоского случая были проведены в работе Б. М. Щиголева. В совместной работе С. К. Всехсвятского, О. И. Бабич и В. В. Казютинского [10] также была исследована плоская задача. Как и следовало ожидать они получили те же самые результаты, что Х. А. Ньютон, так как вычисления основывались на том же самом предположении, т. е. на предположении равномерного распределения параболических комет. Из работы С. К. Всехсвятского можно легко усмотреть влияние условий видимости на распределение комет по большим полуосям. Если рассмотреть 216 орбит, то после захвата получится 39 эллипсов с $e < 0.98$, которые только нас и интересуют, из них 9 с периодом меньше 15 лет, что составляет 23%. В сферу видимости, радиус которой считается равным $3 a. e.$ входят только 14 комет, из которых 5 имеют $q < 1 a. e.$ Следовательно, из комет вошедших в сферу действия 33% могут подойти очень близко к Земле. Если учесть замечание авторов, что результаты конкретных вычислений анализируемой работы в общих чертах совпадают с результатами, полученными в нашей работе [11], то можно утверждать, что из 19 эллиптических комет вошедших в сферу видимости, примерно 60% имеют период меньший 15 лет. Таким образом из работы С. К. Всехсвятского, О. И. Бабич и В. В. Казютинского следует, что наблюдаемое распределение комет по большим полуосям можно объяснить теорией захвата, если учесть условия видимости. Именно такой результат был получен нами в работе, опубликованной на год раньше [11]. Из работы С. К. Всехсвятского также следует, что условия видимости не влияют на отношение количества комет с прямыми и обратными движениями, которое по подсчетам авторов примерно равно отношению дуг $\cup AB : \cup BC$.

Мы показали [11], что в теории захвата кометы с обратными движениями быстро дезинтегрируются, так как подходят очень близко к Солнцу и потому открываются в меньшем количестве. С последним утверждением проф. С. К. Всехсвятский не согласен, так как он считает, что кометы существуют очень короткое время. В работе [12], которая опубликована в 1959 г., нами был рассмотрен еще один вариант, который основывается на идее акад. В. Г. Фесенкова о необходимости учета

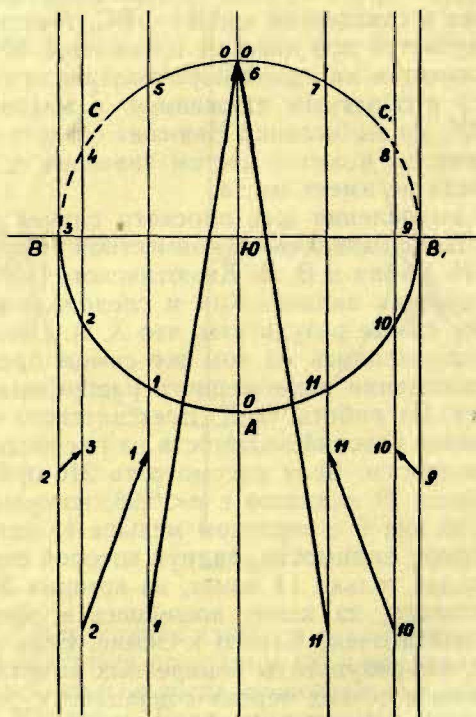


Рис. 3.

индивидуальных свойств комет при определении вероятности в теории захвата. Согласно Фесенкову, чем больший промежуток времени комета находится на пути движения Юпитера, тем больше шансов она имеет быть захваченной.

На рис. 3 круг действия разделен на 12 одинаковых частей и для каждой части дуги показана область, в которой возможна встреча с кометой. Кроме того нарисованы отрезки траекторий тех параболических комет, которые могут подвергаться очень большим возмущениям. Согласно гипотезе

В. Г. Фесенкова вероятность захвата комет, которые входят в круг действия через дугу $\cup 01$, пропорциональна отрезку 01, а вероятность захвата комет, входящих через дугу $\cup 12$ пропорциональна отрезку 12. Сравнивая длину отрезка 23 с длиной отрезка 01, становится сразу понятным, что если предположить, что захват явление редкое и, следовательно, согласиться с вариантом индивидуальных подсчетов, то не может быть и речи о существовании комет с обратными движениями, так как эти кометы захватываются через дугу $\cup BC$. Мы учли в этом варианте также и дезинтеграцию комет и пришли к результату, что теория не предвидит существование даже комет, наклонность орбит которых больше 35° , хотя такие кометы существуют. Очевидно, если бы в этом варианте мы не учли дезинтеграцию, как это рекомендует Всехсвятский, полученные результаты хорошо совпали бы с наблюдениями. За период с 1950 по 1960 г. нами было опубликовано еще несколько работ, в которых мы объяснили существование комет с почти круговыми орбитами, как результат двойного захвата комет Сатурном и Юпитером. Это подтверждено конкретным вычислением Фокина. Мы показали также, что наблюдаемое число комет группы Сатурна по порядку соответствует теории захвата [13], [14].

Вторым основным вопросом в теории захвата является вопрос об отношении чисел открытых коротко- и долгопериодических комет. Так как поверхность сферы действия много меньше поверхности сферы видимости, то уже Лаплас пришел к заключению, что вероятность захвата комет весьма мала. Х. А. Ньютон подсчитал, что число комет, с временем обращения меньшим времени обращения Юпитера, составляет примерно одну миллионную от числа параболических комет, входящих в сферу видимости, радиус которой равен радиусу орбиты Юпитера. Многие ученые считали малость этого числа досадом неправильности теории захвата, однако Х. Н. Ньютон, Х. Н. Руссел и другие предполагают, что это число указывает на то, что захват не происходит сразу, а кометы проходят через сферу действия несколько раз. Такой процесс Вурком назвал диффузией комет и дал доказательство того, что диффузия приводит к образованию комет группы Юпитера. Познакомимся с этим доказательством. Для простоты будем применять терминологию плоской задачи. На рис. 4 показана диаграмма скоростей. От точки С откладываются абсолютные скорости, а от Ю относительные скорости, с которыми кометы входят и выходят из круга действия. Мы уже отметили, что подсчет захвата можно провести в три этапа.

I этап. Определение относительной скорости при входе в круг действия. Если параболическая скорость кометы в абсо-

лютом движении направлена под углом ψ_1 к движению Юпитера, то ее относительная скорость $\vec{ЮК}_1$ образует с направлением движения угол ϵ_1 . Таким образом, I этап вычисления выполнен и мы нашли направление и абсолютную величину относительной скорости $\vec{ЮК}_1$ при входе в круг действия.

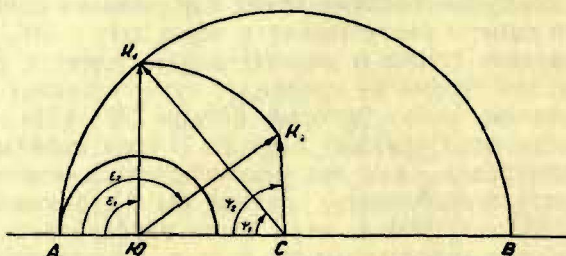


Рис. 4.

II этап. Движение кометы в относительном движении вокруг Юпитера. Так как нас интересует только окончательный результат, то следует определить лишь угол поворота линейной скорости $\vec{ЮК}_1$. Этот угол по диаграмме определить невозможно, можно только сказать, что эта скорость повернулась на некоторый угол, скажем, $\epsilon_2 - \epsilon_1$ и заняла положение $\vec{ЮК}_2$.

III этап. Определение абсолютной скорости. Очевидно, что ее представляет вектор $\vec{СК}_2$. Так как $|\vec{СК}_2| < |\vec{СК}_1|$, то в рассмотренном случае возмущение Юпитера преобразует параболическую орбиту в эллиптическую. Если комета будет несколько раз проходить через круг действия, то на диаграмме скоростей это будет представляться как поворот вектора $\vec{ЮК}_1$ по окружности $К_1К_2$ на различные углы. Гипотеза о равномерном распределении комет в пространстве позволяет определить по формулам Ньютона вероятность поворота вектора $\vec{ЮК}_1$ в ту или другую сторону на определенный угол. На рисунке 5 показаны значения вероятностей поворотов в виде стрелок, длину которых характеризуют относительные значения вероятностей.

Так как диаграмма скоростей определяет все основные свойства орбит т. е. большую полуось орбиты, некоторую функцию наклонности плоскости орбиты и восходящего узла

и перигельное расстояние, то на диаграмму скоростей нанесены в виде кружка также известные в настоящее время кометы.

Вурком разделяет диаграмму скоростей на несколько частей. В части ACD кометы входят в круг действия сзади, так как здесь $0 < \psi < 45^\circ$. Это приводит к образованию эллиптических орбит прямого движения или гипербол. Из рисунка 5 непосредственно видно, что в области ACD кометы интенсивно стремятся диффундировать в область, где отмечены кометы,

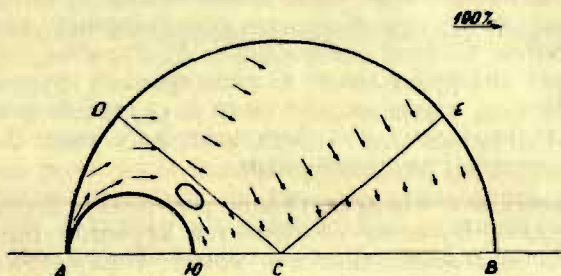


Рис. 5.

открытые в настоящее время. Однако, это интенсивное (больше 50%) стремление не достигает области открытых комет. Это значит, что все время происходит интенсивный обмен между уже открытыми кометами и невидимыми. Это отмеченные вначале кометы Вольф 1, Отерма, Шайн-Шальдека и другие. Вурком считает, что такой обмен объясняет потерю 10 комет за 200 лет с 1715 по 1915 г. В течение этого промежутка времени было открыто 56 короткопериодических комет. Вурком считает, что в части DCE расположены кометы, которые относительно возмущений находятся в равновесии с параболическим полем комет. Часть ECB представляет те кометы, которые полностью удаляются из солнечной системы. Вурком считает, что за упомянутое время дезинтегрировалось 6 комет. Таким образом из 56 комет потеряно несколько меньше одной третьей части всех комет. Вурком старается объяснить, каким образом приток захваченных комет может компенсировать также те 6 комет, которые дезинтегрировались в течение 200 лет. Для этого он расширяет понятие группы комет Юпитера. Группу комет с полуосями орбит от 2.6 *a. e.* до 50 *a. e.*, у которых $0 < \psi < 45^\circ$ будем называть расширенной группой комет Юпитера. Орбиты этой группы устойчивы относительно

возмущений от других планет. Согласно Вуркому непосредственный захват параболических комет в расширенную группу комет Юпитера должен компенсировать кометы, пропавшие вследствие дезинтеграции, так как кометы расширенной группы комет Юпитера интенсивно диффундируют в группу комет Юпитера. Однако, по подсчетам Вуркома, интенсивность потока захваченных в расширенную группу комет Юпитера равна только 0,15 комет за 100 лет, а по наблюдениям кометы дезинтегрируются быстрее, а именно, 3 кометы за 100 лет. Вурком считает, что сумел объяснить потерю 5 комет за 100 лет механизмов возмущений типа комет Вольф 1, Отерма и др., но не сумел полностью объяснить потерю комет, которые дезинтегрируются. Однако утверждение А. Вуркома, что имеется интенсивная диффузия комет из расширенной группы в группу комет Юпитера, имеет место только в случае больших возмущений. Следовательно, его результат 0,15 комет за 100 лет следует признать преувеличенным.

В конце 1959 г. мы представили для печати 2 статьи, в которых неудача Вуркома объясняется неучетом быстрой дезинтеграции долгопериодических комет. Рассмотрим коротко суть этих работ. Для этого нам следует рассмотреть уравнение диффузии Вуркома.

$$z^{-3/2} \frac{\partial v}{\partial t} = \frac{1}{D} \frac{\partial^2 v}{\partial z^2}, \quad (1)$$

где $z = \frac{1}{a} a \nu dz = \nu(z, t) dz$ есть число комет, прошедших через перигелий в единицу времени и имевших обратную величину большой полуоси в пределах от z до $z+dz$. Левая часть представляет изменение числа комет с данным значением z за единицу времени, а правая часть показывает изменение числа комет при прохождении их через перигелий вследствие возмущений. Вероятность того, что обратная величина большой полуоси изменилась на δ есть $\varphi(\delta)$. Величина

$$D = \left[\frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\delta) \delta^2 d\delta \right]^{-1}. \quad (2)$$

Вурком подсчитывает величину D для ряда случаев. Он нашел точное решение упомянутого уравнения в частных производных при условии, что начиная с некоторого момента возникает неизменный поток параболических комет. Однако, это решение явно противоречит данным наблюдений. Вурком не объяснил, почему его теория не согласуется с действительностью.

Мы считали, что в уравнении диффузии следует учесть дезинтеграцию комет. Если возраст комет T единиц времени, то за единицу времени уничтожается T^{-1} часть кометы и уравнение диффузии имеет вид

$$z^{-3/2} \frac{\partial v}{\partial t} = \frac{1}{D} \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} - \frac{v z^{-3/2}}{T}. \quad (3)$$

В 1957 г. нами были получены для T следующие две формулы.

$$T = s_1 q^{3/2} a^{3/2} = c_1^{-1} a^{3/2} \quad (\text{вариант С. В. Орлова}) \quad (4)$$

$$T = s_2 q^{3/2} a^{3/2} = c_3^{-1} a^{3/2} \quad (\text{вариант гравитационного разрушения}). \quad (5)$$

При $q=1$ величины s_1 и s_2 представляют возраст комет в оборотах. В одном частном случае для конкретного вида T нам удалось решить обобщенное уравнение диффузии методом преобразования Лапласа, однако, это решение имеет весьма сложный вид. Поэтому мы разработали математически строгий метод решения уравнения стационарного процесса и получили, что

$$v = e^{-\sqrt{c_1 D z}}. \quad (6)$$

Это решение получено в предположении, что начиная с некоторого момента возникает стационарный поток параболических комет. Если предположить что c_1 есть величина постоянная, то формула (6) превращается в формулу, которую Оорт получил уже в 1950 г. [16]. Таким образом некоторая часть результатов, которые мы в дальнейшем излагаем, по сути дела принадлежит Оорту.

Чтобы сравнить теорию с данным наблюдений, следует учесть, что некоторая часть из открытых долгопериодических комет не участвует в процессе диффузии. Это те кометы, орбиты которых являются неустойчивыми относительно различных возмущений, как, например, возмущений от звезд или при случайных встречах с планетами.

Согласно конкретным подсчетам Файэ, Галибиной и нашим исследованиям, кометы в среднем при прохождении через Солнечную систему изменяют значения обратной величины большой полуоси на $0.0005 a. e.^{-1}$. Известно значительное количество комет, у которых δ находится в промежутке $[0; 0.0005]$. Имеются весьма различные мнения относительно конкретного значения числа этих комет. Мы предположили, что при сравнении теории с наблюдениями не следует учитывать 30% ко-

мет. Это примерно соответствует числу новых комет, которых Оорт не учитывает ввиду их большой яркости.

При сравнении теории с наблюдениями величины $s_1=s_2$ при $q=1$ определены двумя независимыми путями. Во-первых учтено, что в промежутке $[0; 0.002]$ согласно данным, взятым из каталога [15], сосредоточено примерно 75% комет. В этом случае вычисления показывают, что у комет, перигельные расстояния которых $q=1$ а. е., существуют 7 оборотов. С другой стороны при $z=2 \cdot 10^{-2}$ а. е.⁻¹ наблюдается еще вполне реальное влияние диффузии, а именно, эти кометы составляют 1% от параболических. Это дает возраст комет 60 оборотов. Так как при $q=1$ а. е. возраст комет равен 60 оборотам, то при $q=5.2$ а. е. возраст будет равен 3700 оборотам, что для $a=100$ а. е. дает возраст 3,7, 10^6 лет.

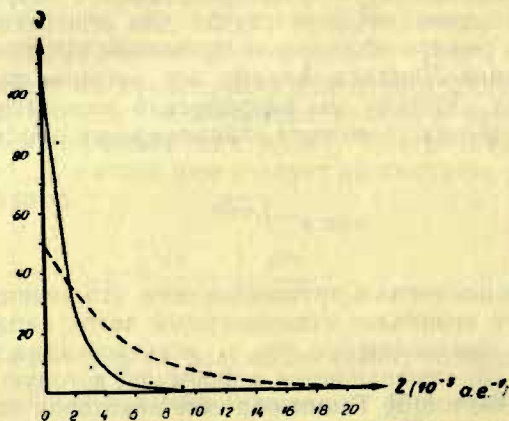


Рис. 6.

Рисунок 6 показывает, как теоретические кривые для обоих вариантов совпадают с наблюдениями. Очевидно, случаи соответствующие возрастам $s=7$ и $s=60$ являются крайними при сравнении теории с наблюдениями. В дальнейших сравнениях с наблюдениями учтены все кометы. Из развитой нами теории следует несколько важных закономерностей, которые можно сравнить с наблюдениями. Вурком вычислил, что для $q=1$ а. е. $D=2,4 \cdot 10^6$ для прямого движения, $D=5,5 \cdot 10^6$ для комет с обратным движением. Отсюда следует, что диффузия для прямых движений протекает более интенсивно. Следовательно, для параболических комет прямые и обратные движения должны наблюдаться в одинаковом количестве, а у комет с большими полуосями, равными нескольким десяткам

a. e., должны преобладать прямые движения. Соответствующие подсчеты блестяще подтвердились данными наблюдений.

Вурком также подсчитал, что если $q=1$ то $D=3,3 \cdot 10^6$, а если $q=4,5$ то $D=1,2 \cdot 10^6$. Отсюда следует, что диффузия протекает гораздо интенсивней вблизи Юпитера, т. к. там дезинтеграция практически отсутствует. Это можно проверить непосредственно при помощи данных наблюдений. Нами были разделены долгопериодические кометы на восемь групп. В I группу вошли кометы с перигельным расстоянием в пределах $q=0.0$ до $q=0,25$, во вторую группу $q=0.25$ до $q=0.50$ и т. д. Для каждой группы мы вычислили среднее арифметическое значение z . Результаты представлены на рис. 7.

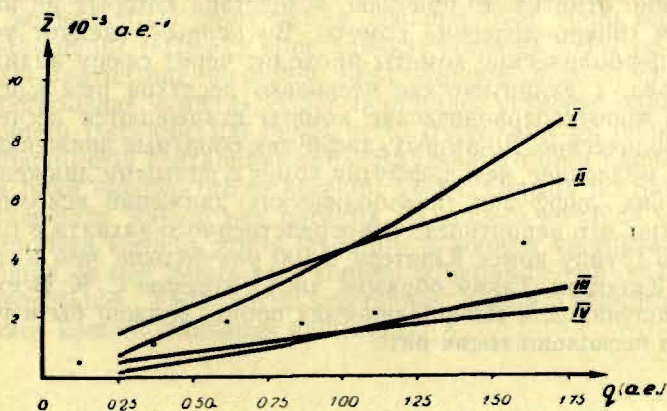


Рис. 7.

Очевидно, что среднее значение z увеличивается с удалением от Солнца. На рис. 7 показаны также теоретические кривые изменения среднего значения z . Таким образом, как практически, так и теоретически установлено, что средняя плотность потока долгопериодических комет нарастает с возрастанием расстояния от Солнца. Теоретически можно подсчитать, что средняя плотность на расстоянии Юпитера в зависимости от избранного варианта в 5—10 раз больше, чем на расстоянии Земли. Это не знал Вурком. Поэтому его подсчеты следует исправить. Предположим, что на расстоянии Юпитера поток долгопериодических комет в 5 раз плотнее, чем вблизи Земли. Следовательно, результат Вуркома — 0,15 комет за 100 лет следует умножить на 5. Нужно учесть также и то обстоятельство, что на расстоянии Юпитера параболические ко-

меты продифундировали до значения $z=0,02 a. e.^{-1}$, покрывая интервалы изменения, $[0; 0.02]$ равномерно. Таким образом, в среднем при захвате в расширенную группу комет Юпитера возмущения δ должны быть практически вдвое меньше, чем по подсчетам Вуркома, т. е. комет в группе окажется в 4 раза больше. Учет диффузии дает то, что в расширенной группе комет Юпитера должно быть всего навсего в 20 раз больше комет, чем подсчитал Вурком без учета дезинтеграции. Следовательно, приток будет 3 кометы за 100 лет, что согласно Вуркому полностью соответствует данным наблюдений.

По формулам (4) или (5) легко подсчитать, что практически в расширенной группе комет Юпитера дезинтеграция происходит только у комет с $a=2.6 a. e.$ до $a=5.2 a. e.$ В заключение отметим те причины, вследствие которых не наблюдаются гиперболические кометы. Во первых, следует учесть, что гиперболические кометы проходят через сферу видимости один раз, а эллиптические несколько десятков раз. Следовательно короткопериодические кометы открываются легче, чем гиперболические. Во-вторых, диффузия обратных движений протекает медленнее, чем диффузия комет с прямыми движениями. В-третьих, диффузия гиперболических движений невозможна. Известно, что вероятность непосредственного захвата в расширенную группу комет Юпитера в 100 раз больше, чем в группу комет Юпитера. Таким образом, число, которое С. К. Всехсвятский получил для гиперболических орбит, должно быть уменьшено в несколько тысяч раз.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. F. Tisserand, *Traité de Mécanique Céleste* t. IV p. 206 Paris 1896.
- [2]. L. Schulhof, *Bull. Astr.* VIII p. p. 147, 191, 225, 1891.
- [3]. М. Kamiński, *Acta Astron.* 9 Nr. 1, 1959.
- [4]. Фокин А. В., *Бюл. ИТА АН СССР* 7, № 2, 113—119, 1958.
- [5]. Дубяго А. Д., *Астр. журн.* 33, 381, 1956.
- [6]. Мойсеев Н. Д. *Труды ГАИШ том VI, вып. 1, стр. 50, 1935.*
- [7]. F. Tisserand, *Bull. Astron.* VI, p 241, 1889.
- [8]. К. Д. Покровский, *Происхождение периодических комет, Юрьев.* 1901.
- [9]. A. Woerkm, *BAN*, 399, 455, 1948.
- [10]. С. К. Всехсвятский, О. И. Бабич и В. В. Казютинский *Астр. ж.* 39, 473, 1958.
- [11]. К. А. Штейнс, *Астр. журн.* 34, 86, 1957.
- [12]. К. А. Штейнс, *Астр. журн.* 36, 512, 1959.
- [13]. K. Steins, *Acta Astron.*, 7 N4, 221, 1957.
- [14]. K. Steins, *Acta Astron.*, 8, N3, 112, 1958.
- [15]. F. Baldet et M-lle G. de *Obaldia*, *Catalogue Général des Orbites des Comètes de l'an — 466 à 1952*, Paris, 1952.
- [16]. J. H. Oort, *BAN* 11, 91, 1950.

KOPSAVILKUMS

K. Šteins Kometu saķeršanas teorijas pamatjautājumi.

Eliptiskās kometas ar tiešām kustībām rodas no paraboliskām, ja pēdējās darbības sferā ieiet caur $\cup BAB_1$, (zīm. 2), bet ar pretējām kustībām, ja ieiet caur $\cup BC$ vai $\cup B_1C_1$. Pēc akad. V. Fesenkova hipotezes ieeja caur $\cup BC$ vai $\cup B_1C_1$ ir maz varbūtīga, jo attiecīgās kometas uzturās īsu laiku darbības sferas attiecīgā ceļa zonā (zīm. 3) un tāpēc tās nenovēro. No S. Vsehsvjatska aprēķiniem seko, ka saķeršanas teorija var izskaidrot īsperiodu kometu sadalījumu pēc lielo pusašu vērtībām. Izteiktas hiperboliskas kometas rodas, ja paraboliskas kometas ieiet darbības sferā caur $\cup CC_1$. Izteiktas hiperboliskas kometas nenovēro, jo: 1) hiperboliskas kometas iziet cauri Saules sistēmai tikai vienu reizi, bet eliptiskās daudz reižu. 2) Hiperboliskās kometas rodas no kometām ar apgriestām kustībām, kas difundē mazāk intensīvi. 3) Hiperboliskas kometas vispār nedifundē. Verkoms izskaidroja trīs kometu izžušanu 100 gados ar to izvīrzišanu un ievīrzišanu perturbāciju ceļā redzamības zonā. Šo izskaidrojumu pamato beidzamā laikā izdarīto orbitu aprēķini Volf I, Oterma un Šain-Šaldeka kometām. Rakstā tiek parādīts, ka kometu pieplūde vispārīgā Jupitera kometu grupā izskaidro 3 kometu sabrukšanu 100 gadu laikā, ja tiek ņemta vērā kometu difūzijas teorijā arī kometu dezintegrēšanās. Tādā kārtā saķeršanas teorija izskaidro visus novērotos kometu izžušanas gadījumus.

SUMMARY

K. Steins. Principal Problems of the Capture Theory of Comets

Elliptical comets with direct motion originate from parabolic comets if the latter enter the sphere of activity through $\cup BAB_1$ (Fig 2), but with retrograde motion if they enter through $\cup BC$ or B_1C_1 . According to the hypothesis of V. Fesenkov the entrance of these comets into the sphere of activity through $\cup BC$ or $\cup B_1C_1$ is probably very small, as these comets appear in the paths of $\cup BC$ only for a short time (Fig 3). Therefore they are not observed. The calculations made by S. Vsehsviatsky shows that the capture theory can explain the distributions of the major semi-axis of the short-period comets. Strongly hyperbolic comets get their origin if the parabolic ones enter the sphere of activity through $\cup CC_1$. Strongly hyperbolic comets are not observed, as 1) the hyperbolic comets pass through the solar system only once, but

the elliptical comets — many times, 2) the hyperbolic comets originate from the comets with retrograde motion which have less intensive diffusion, 3) the hyperbolic comets have no diffusion. A. Woerkom explained the disappearance of 3 comets during period of 100 years. He claimed that such comets orbit had actually been changed by large perturbation into one with greater perihelion distance and therefore passed out of the zone of visibility. This explanation has been proved during the last few years by the calculation of the orbits of the following comets: Volf I, Oterma and Shain-Schaldek. The present paper considers the loss of 3 comets during the 100-year-period which was due to disintegration. However according to his explanation, Woerkom did not take into consideration the disintegration of comets by diffusion. The precise diffusion theory of comets states that comets will be captured into the Jupiter family 20 times more than Woerkom calculated. In such a way the capture theory explains all the possible cases of the disappearance of comets.

Л. Э. РЕЙЗИНЬ, С. Я. СТУРЕ

СУЩЕСТВОВАНИЕ И АСИМПТОТИКА РЕШЕНИЯ ОДНОГО ВЫРОЖДАЮЩЕГОСЯ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ

1. Диффузию комет Солнечной системы описывает решение дифференциального уравнения

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{z^{3/2}}{D} \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} - cz^{m+3/2}v \quad (1.1)$$

в области $z \geq 0$, $t \geq 0$ при начальных и граничных условиях

$$v(z, 0) = 0, \quad v(0, t) = \varphi(t), \quad \lim_{z \rightarrow \infty} v(z, t) = 0, \quad (1.2)$$

где D , c и m — постоянные и $\varphi(t)$ — монотонно возрастающая функция, непрерывная вместе с производными до четвертого порядка включительно для $0 \leq t < \infty$, причем $\varphi(0) = \varphi'(0) = \varphi''(0) = \varphi'''(0) = \varphi^{IV}(0) = 0$, $\varphi(t) = 1$ при $t \geq 1$.

Так как в космогонии комет главным образом интересуются поведением решения при $t \rightarrow \infty$, то вместо уравнения (1.1) рассматривают уравнение стационарного процесса

$$\frac{1}{D} \frac{d^2 v}{dz^2} - cz^{m+3/2}v = 0 \quad (1.3)$$

при граничных условиях

$$v(0) = 1, \quad \lim_{z \rightarrow \infty} v(z) = 0. \quad (1.4)$$

Для обоснования возможности такой замены, во-первых, следует доказать существование и единственность решения уравнения (1.1) в области $z \geq 0$, $t \geq 0$ при начальных и граничных условиях (1.2).

Во-вторых, надо доказать, что решение задачи (1.1) — (1.2) при $t \rightarrow \infty$ стремится к решению граничной задачи (1.3) — (1.4).

Уравнение (1.1) вырождается на оси t . Существование решения для некоторых вырождающихся параболических уравнений в конечной области доказал А. М. Ильин [1]. Он рассматривал случай, когда коэффициент при $\frac{\partial^2 v}{\partial z^2}$ имеет непрерывные и ограниченные вторые производные. Соответствующий коэффициент в уравнении (1.1) этому требованию не удовлетворяет.

Асимптотику решения параболического уравнения при $t \rightarrow \infty$ рассматривал М. Кшижанский [2] и для более общих случаев Ю. М. Черемных [3] и Фридман [9], однако все они рассматривали конечную область и не вырождающиеся параболические уравнения.

Имея в виду проблему решения уравнения диффузии комет в данной статье доказывается существование и единственность и исследуется асимптотическое поведение решения уравнения

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a(x) \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - b(x)u \quad (1.5)$$

в области $x \geq 0, t \geq 0$ при начальных и граничных условиях

$$u(x, 0) = 0, u(0, t) = \varphi(t), \lim_{x \rightarrow \infty} u(x, t) = 0, \quad (1.6)$$

где $a(x)$ непрерывная, монотонная функция при $x \geq 0$ положительная, имеющая непрерывные производные до четвертого порядка при $x > 0$, $a(0) = 0$, $a(x) \sim Ax^p$ при $x \rightarrow \infty$, $a'(x) \sim A_1 x^{p-1}$ при $x \rightarrow \infty$, $b(x) = a(x)c(x)$, где $c(x) \sim Bx^q$, $c'(x) \sim B_1 x^{q-1}$ при $x \rightarrow \infty$, $c(x) > 0$ при $x > 0$, $p \geq 0, q \geq 0$, $\varphi(t)$ — функция, описанная в начале этого пункта.

2. Докажем сначала существование решения первой краевой задачи для уравнения (1.5) в конечном прямоугольнике

$$\bar{R}: 0 \leq x \leq X, 0 \leq t \leq T.$$

Это решение получается как предел решений последовательности невырождающихся уравнений. Для невырождающегося уравнения

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a(x + \varepsilon_n) \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - b(x + \varepsilon_n)u, \varepsilon_n > 0 \quad (2.1)$$

существование решения первой краевой задачи в конечной области \bar{R} доказывали несколько авторов, например О. А. Олейник и Т. Д. Вентцель [4] (Теорема 1).

Обозначим решение уравнения (2.1) с $\varepsilon = \varepsilon_n$ при начальных и граничных условиях

$$u(x, 0) = 0, \quad u(0, t) = \varphi(t), \quad u(X, t) = 0 \quad (2.2)$$

через $u_n = u_n(x, t)$. Последовательности $\{\varepsilon_n\}$, где $\varepsilon_1 > \varepsilon_2 > \dots > 0$ соответствует последовательность решений $\{u_n\}$.

Кроме замкнутого прямоугольника рассмотрим еще открытый

$$R: 0 < x < X, \quad 0 < t < T.$$

2.1. Лемма. Решение уравнения (2.1) или (1.5) не может принимать в точке области R или на прямой $t=T$, $0 < x < X$ положительное максимальное или отрицательное минимальное значение.

Доказательство. Пусть решение $u(x, t)$ принимает положительное максимальное или отрицательное минимальное значение в некоторой точке P_0 области R . Тогда для этой точки справедливы неравенства

$$u \frac{\partial u}{\partial t} \geq 0, \quad u \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \leq 0. \quad (2.3)$$

Умножая обе стороны (2.1) (соотв. (1.5)) на u , получаем

$$u \frac{\partial u}{\partial t} a(x + \varepsilon) u \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - b(x + \varepsilon) u^2 \quad (2.4)$$

$$\text{(соотв. } u \frac{\partial u}{\partial t} = a(x) u \frac{\partial u^2}{\partial x^2} - b(x) u^2 \text{)}. \quad (2.5)$$

В силу (2.2) левая часть (2.4) (соотв. (2.5)), в точке P_0 неотрицательная, а правая отрицательная. Противоречие доказывает лемму.

2.2. Лемма. Последовательность $\{u_n(x, t)\}$ равномерно ограничена в \bar{R} .

Доказательство. Согласно лемме 2.1 и непрерывности функций $u_n(x, t)$ любая из функций $u_n(x, t)$ наибольшее значение принимает либо при $t=0$ либо при $x=0$ или же при $x=X$. Из (2.2) видно, что

$$\max u_n(x, t) = \max \varphi(t) = 1 \quad \text{и} \quad u_n(x, t) \geq 0.$$

Поэтому

$$|u_n(x, t)| < 1, \quad (2.6)$$

что и требовалось доказать.

2.3. Лемма. Последовательность $\left\{ \frac{\partial u_n}{\partial t} \right\}$ равномерно ограничена в \bar{R} .

Доказательство. Согласно лемме доказанной в [4] (лемма 2) функция $f(x, t)$, удовлетворяющая уравнению (2.1) при начальных и граничных условиях

$$f(x, 0) = \frac{\partial u_n(x, 0)}{\partial t}, \quad f(0, t) = \frac{\partial u_n(0, t)}{\partial t}, \quad f(X, t) = \frac{\partial u_n(X, t)}{\partial t}, \quad (2.7)$$

где u_n является решением уравнения (2.1) при граничных и начальных условиях (2.2), в \bar{R} совпадает с $\frac{\partial u_n}{\partial t}$. Таким образом $\frac{\partial u_n}{\partial t}$ при любом значении n удовлетворяет уравнению (2.1) при условиях (2.7).

При $t=0$ имеем $u_n(x, 0)=0$. поэтому $\frac{\partial u_n(x, 0)}{\partial x} = \frac{\partial^2 u_n(x, 0)}{\partial x^2} = 0$ и из (2.1) следует, что и $\frac{\partial u_n(x, 0)}{\partial t} = 0$. При $x=X$ также $\frac{\partial u_n(X, t)}{\partial t} = 0$ так как на этой прямой $u_n(x, t) = 0$. При $x=0$ имеем $\frac{\partial u_n(0, t)}{\partial t} = \varphi'(t)$. Поэтому на границе области R имеем $\max \left| \frac{\partial u_n}{\partial t} \right| = \max \varphi'(t) = M$, откуда согласно лемме 2.1 и во всем R справедливо неравенство

$$\left| \frac{\partial u_n}{\partial t} \right| \leq M. \quad (2.8)$$

2.4. Лемма. Последовательности $\left\{ \frac{\partial^2 u_n}{\partial t^2} \right\}$ и $\left\{ \frac{\partial^3 u_n}{\partial t^3} \right\}$ равномерно ограничены в \bar{R} .

Доказательство аналогично доказательству леммы 2.3.

2.5. Лемма. Последовательность $\left\{ \frac{\partial u_n}{\partial x} \right\}$ равномерно ограничена на Γ , где Γ — та часть границы области R , на которой либо $t=0$ либо $x=0$, либо $x=X$.

Доказательство. Введем вспомогательную функцию $v_n = v_n(x, t) = u_n + e^{K(\beta-x)} - \varphi(t)$, где $\beta = \min(1, X)$, а K — постоянная. Рассмотрим выражение

$$a(x + \varepsilon_n) \frac{\partial^2 v_n}{\partial x^2} - \frac{\partial v_n}{\partial t} = a(x + \varepsilon_n) \left(\frac{\partial^2 u_n}{\partial x^2} + K^2 e^{K(\beta-x)} \right) - \frac{\partial u_n}{\partial t} + \varphi'(t).$$

При достаточно большом K это выражение положительно в прямоугольнике $0 \leq x \leq \beta$, $0 \leq t \leq T$. При таком K выражение v_n максимальное значение принимает на одной из сторон прямоугольника $x=0$, $x=\beta$, $t=0$. Действительно, если бы максимум достигался во внутренней точке или при $t=T$, то в этой точке было бы $\frac{\partial^2 v_n}{\partial x^2} \leq 0$, $\frac{\partial v_n}{\partial t} \geq 0$ и $a(x + \varepsilon_n) \frac{\partial^2 v_n}{\partial x^2} - \frac{\partial v_n}{\partial t} \leq 0$.

Далее

$$v_n(x, 0) = u_n(x, 0) + e^{K(\beta-x)} - \varphi(0) = e^{K(\beta-x)} \leq e^{K\beta}$$

$$v_n(0, t) = u_n(0, t) + e^{K\beta} - \varphi(t) = e^{K\beta}$$

$$v_n(\beta, t) = u_n(\beta, t) + 1 - \varphi(t) < 2 - \varphi(t)$$

Налагая на K еще условие $e^{K\beta} > 2$, получаем, что функция v_n имеет максимум на прямой $x=0$ и

$$\frac{\partial v_n(0, t)}{\partial x} \leq 0, \text{ откуда } \frac{\partial u_n(0, t)}{\partial x} - Ke^{K\beta} \leq 0$$

$$\text{или } \frac{\partial u_n(0, t)}{\partial x} \leq Ke^{K\beta}.$$

Вводя вспомогательную функцию $\bar{v}_n = u_n - e^{K(\beta-x)} - \varphi(t)$, аналогично доказывается оценка

$$\frac{\partial u_n(0, t)}{\partial x} \geq -Ke^{K\beta}$$

при достаточно большом K .

Используя вспомогательные функции $w_n = u_n + e^{K(x-X+\beta)}$ и $\bar{w}_n = u_n - e^{K(x-X+\beta)}$, также доказывается при достаточно большом K оценка

$$\left| \frac{\partial u_n(X, t)}{\partial x} \right| \leq Ke^{K\beta}.$$

Принимая во внимание, что $\frac{\partial u_n(x, 0)}{\partial x} = 0$, получаем доказательство леммы.

2.6. Лемма. Последовательность $\left\{ \frac{\partial u_n}{\partial x} \right\}$ равномерно ограничена в \bar{R} .

Доказательство. Производная $\frac{\partial u_n}{\partial x}$ решения уравнения (2.1) в области R удовлетворяет уравнению

$$\frac{\partial f}{\partial t} = a(x + \varepsilon_n) \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial a(x + \varepsilon_n)}{\partial x} \frac{\partial f}{\partial x} - b(x + \varepsilon_n) f - \frac{\partial b(x + \varepsilon_n)}{\partial x} u_n, \quad (2.9)$$

где u_n является решением уравнения (2.1), при начальных и граничных условиях

$$f(x, 0) = \frac{\partial u_n(x, 0)}{\partial x}, \quad f(0, t) = \frac{\partial u_n(0, t)}{\partial x}, \quad f(X, t) = \frac{\partial u_n(X, t)}{\partial x} \quad (2.10)$$

([4] лемма 2).

Согласно обобщенному принципу максимума [4]

$$\left| \frac{\partial u_n}{\partial x} \right| \leq \max \left\{ \frac{e^{\alpha T} \max_R \left| \frac{\partial b(x + \varepsilon_n)}{\partial x} u_n \right|}{\alpha}, \max_r \left| \frac{\partial u_n}{\partial x} \right| e^{\alpha T} \right\}, \quad (2.11)$$

где α — положительная постоянная. Из леммы 2.2 следует, что последовательность $\left\{ \alpha^{-1} e^{\alpha T} \max_R \left| \frac{\partial b(x + \varepsilon_n)}{\partial x} u_n \right| \right\}$ равномерно ограничена. Из леммы 2.5 следует, что и последовательность $\left\{ \max_r \left| \frac{\partial u_n}{\partial x} \right| e^{\alpha T} \right\}$ равномерно ограничена. Этим лемма 2.6 доказана.

2.7. Лемма. Последовательности $\left\{ \frac{\partial^2 u_n}{\partial x \partial t} \right\}$ и $\left\{ \frac{\partial^3 u_n}{\partial x \partial t^2} \right\}$ равномерно ограничены на Γ .

Доказательство аналогично доказательству леммы 2.5.

2.8. Лемма. Последовательности $\left\{ \frac{\partial^2 u_n}{\partial x \partial t} \right\}$ и $\left\{ \frac{\partial^3 u_n}{\partial x \partial t^2} \right\}$ равномерно ограничены в \bar{R} .

Доказательство совершенно аналогично доказательству леммы 2.6.

Определим области

$$R_m: \quad x_m < x < X, \quad 0 < t < T, \quad x_m > 0$$

и соответственно

$$\bar{R}_m: \quad x_m \leq x \leq X, \quad 0 \leq t \leq T.$$

2.9. Лемма. Последовательность $\left\{ \frac{\partial^2 u_n}{\partial x^2} \right\}$ равномерно ограничена в \bar{R}_m .

Доказательство: Из уравнения (2.1) получаем

$$\frac{\partial^2 u_n}{\partial x^2} = \frac{1}{a(x+\varepsilon_n)} \frac{\partial u_n}{\partial t} + \frac{b(x+\varepsilon_n)}{a(x+\varepsilon_n)} u_n. \quad (2.12)$$

Согласно условию имеем $a(x+\varepsilon_n) \geq a_0 > 0$ при $x_m \leq x \leq X$. $b(x+\varepsilon_n)$ ограничена при $x_m \leq x \leq X$ в силу непрерывности функции $b(x)$ при $x > 0$.

Принимая во внимание предыдущий абзац, и леммы 2.2 и 2.3 из (2.12) получаем утверждение леммы 2.9.

2.10. Лемма. Последовательности $\left\{ \frac{\partial^3 u_n}{\partial t \partial x^2} \right\}$ и $\left\{ \frac{\partial^4 u_n}{\partial x^2 \partial t^2} \right\}$ равномерно ограничены в \bar{R}_m .

Доказательство аналогично доказательству леммы 2.9.

2.11. Примечание. Оценки $|u_n|$, $\left| \frac{\partial u_n}{\partial t} \right|$, $\left| \frac{\partial^2 u_n}{\partial x^2} \right|$, $\left| \frac{\partial^3 u_n}{\partial t^3} \right|$ в леммах 2.2, 2.3, 2.4 не зависят от X .

2.12. Лемма. Последовательности $\left\{ \frac{\partial^3 u_n}{\partial x^3} \right\}$ и $\left\{ \frac{\partial^4 u_n}{\partial x^3 \partial t} \right\}$ равномерно ограничены в R_m .

Доказательство аналогично доказательству леммы 2.9 с той лишь разницей, что следует использовать леммы 2.2, 2.6, 2.8, 2.9, и уравнение (2.9) или леммы 2.3, 2.8 и 2.10 и уравнение (2.9).

2.13. Лемма. Последовательности $\{u_n\}$, $\left\{ \frac{\partial u_n}{\partial t} \right\}$ и $\left\{ \frac{\partial^2 u_n}{\partial t^2} \right\}$ равностепенно непрерывны в \bar{R} а последовательности $\left\{ \frac{\partial^2 u_n}{\partial x^2} \right\}$ и $\left\{ \frac{\partial^3 u_n}{\partial x^2 \partial t} \right\}$ в \bar{R}_m .

Доказательство. Пусть у нас имеется последовательность $\{f_n\}$, где $f_n = f_n(x_1, x_2, \dots, x_s)$ — дифференцируемые функции. Если последовательности $\left\{ \frac{\partial f_n}{\partial x_i} \right\}$, $i = 1, 2, \dots, s$ равно-

мерно ограничены, то последовательность $\{f_n\}$ равномерно непрерывна. Действительно, пусть $\left| \frac{\partial f_n}{\partial x_i} \right| \leq M$. Для произвольного η будет $|f_n(x_1 + h_1, \dots, x_s + h_s) - f_n(x_1, x_2, \dots, x_s)| = \left| \sum_{i=1}^s \frac{\partial f_n(x_1 + \theta_1 h_1, \dots, x_s + \theta_s h_s)}{\partial x_i} \theta_i h_i \right| < sM |\theta_i h_i| < \eta$, если $|h_i| < \frac{\eta}{sM} = \delta$ (здесь $0 \leq \theta_i \leq 1$) причем δ не зависит от n , поскольку от него не зависит M . Справедливость леммы следует из лемм 2.3, 2.4, 2.6, 2.8, 2.10 и 2.12.

2.14. Теорема. Функция $u(x, t) = \lim_{n \rightarrow \infty} u_n(x, t)$ удовлетворяет начальным и граничным условиям (2.2) и внутри области R уравнению (1.5).

Доказательство. Согласно теореме Арцеля ([5], стр. 36) и лемме 2.13 из последовательности $\{u_n\}$ можно выбрать подпоследовательность $\{u_{n'}\}$, которая в \bar{R} сходится к непрерывной функции $u = u(x, t)$.

Функция $u(x, t)$ удовлетворяет начальным и граничным условиям (2.2), так как им удовлетворяет любая функция выбранной подпоследовательности. Из этой подпоследовательности выбираем другую подпоследовательность $\{u_{n''}\}$ такую, чтобы последовательность $\left\{ \frac{\partial u_{n''}}{\partial t} \right\}$ сходилась в \bar{R} к некоторой непрерывной функции, что также возможно в силу теоремы Арцеля и леммы 2.3 и 2.13. Берем последовательность $\{\bar{R}_m\}$ такую, чтобы $\bar{R}_{m+1} \supset \bar{R}_m$ и $\sum_{m=1}^{\infty} \bar{R}_m = R$. Из последовательности $\{u_{n''}\}$ выбираем подпоследовательность $\{u_{n1}\}$, для которой последовательность $\left\{ \frac{\partial^2 u_{n1}}{\partial x^2} \right\}$ сходится в \bar{R}_1 к некоторой непрерывной функции. Из последовательности $\{u_{n1}\}$ выделяем последовательность $\{u_{n2}\}$, для которой последовательность $\left\{ \frac{\partial^2 u_{n2}}{\partial x^2} \right\}$ сходится в \bar{R}_2 к некоторой функции. Это построение проделываем для всех m . Диагональным процессом получаем последовательность $\{u_{nn}\}$, сходящуюся в \bar{R} к $u(x, t)$, причем последовательность $\left\{ \frac{\partial^2 u_{nn}}{\partial x^2} \right\}$ сходится к непрерывной функции в любом R_m . Согласно известным теоремам [6]

$$\begin{aligned} \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\partial u_{nn}}{\partial t} &= \frac{\partial u}{\partial t} \\ \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\partial^2 u_{nn}}{\partial x^2} &= \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \end{aligned} \quad (2.13)$$

Подставляя в уравнение (2.1) $u = u_{nn}$ и переходя к пределу, когда $n \rightarrow \infty$, получаем, что функция $u(x, t)$ удовлетворяет уравнению (1.5) в любой точке R .

Остается показать, что и сама последовательность $\{u_n\}$ стремится к функции $u(x, t)$. Допустим, что существует подпоследовательность $\{u_{nk}\}$, подпоследовательность $\{u_n\}$, сходящаяся к функции $v = v(x, t)$, отличной от $u(x, t)$. Аналогично как для функции $u(x, t)$ доказывает, что тогда функция $v(x, t)$ удовлетворяет начальным и граничным условиям (2.2) и в области R уравнению (1.5). Образует разность $w(x, t) = u - v$. Она удовлетворяет уравнению (1.5) и начальным и граничным условиям.

$$w(x, 0), \quad w(0, t) = 0, \quad w(X, t) = 0.$$

Тогда согласно лемме 2.1 $w(x, t) = 0$ всюду в R , что противоречит нашему допущению. Этим теорема 2.14 доказана.

2.15. Лемма. Производная $\frac{\partial u}{\partial t}$ удовлетворяет уравнению (1.5) в R и начальным и граничным условиям

$$\frac{\partial u(x, 0)}{\partial t} = 0, \quad \frac{\partial u(0, t)}{\partial t} = \varphi'(t), \quad \frac{\partial u(X, t)}{\partial t} = 0.$$

Доказательство. В доказательстве теоремы 2.14 подпоследовательность $\{u_{nn}\}$ можем выбрать так, чтобы сходились и последовательности $\left\{\frac{\partial^2 u_{nn}}{\partial t^2}\right\}$ и $\left\{\frac{\partial^3 u_{nn}}{\partial x^2 \partial t}\right\}$. Тогда кроме (2.13) будет еще

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\partial^2 u_{nn}}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}, \quad \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\partial^3 u_{nn}}{\partial t^2} = \frac{\partial^3 u}{\partial x^2 \partial t} \quad (2.14)$$

Переходя в уравнении (2.1) и условиях (2.2) к пределу согласно (2.13) и (2.14) получаем утверждение леммы 2.15.

3. Переходим к доказательству существования и единственности решения уравнения (1.5) в бесконечной полуполосе

$$S_T: \quad x > 0, \quad 0 < t \leq T,$$

удовлетворяющего начальным и граничным условиям (1.6).

Покажем также корректность задачи.

Для этого рассмотрим последовательность областей

$$R^{(k)}: 0 < x < X_k, \quad 0 < t < T,$$

где $X_k \rightarrow \infty$, когда $k \rightarrow \infty$. Соответствующие замкнутые прямоугольники будем обозначать

$$\bar{R}^{(k)}: 0 \leq x \leq X_k \quad 0 \leq t \leq T.$$

Для каждого $R^{(k)}$ построим решение $u^{(k)}(x, t)$ уравнения (1.5), удовлетворяющее начальным и граничным условиям

$$u^{(k)}(x, 0) = 0, \quad u^{(k)}(0, t) = \varphi(t), \quad u^{(k)}(X_k, t) = 0. \quad (3.1)$$

Докажем, что последовательность $\{u^{(k)}\}$ сходится к искомому решению в бесконечной полуполосе S_T . Введем еще обозначение

$$\bar{S}_T: 0 \leq x < \infty, \quad 0 \leq t \leq T.$$

3.1. Лемма. Пусть имеем два уравнения

$$\frac{d^2 u}{dx^2} - c(x)u = 0 \quad (3.2)$$

и

$$\frac{d^2 U}{dx^2} - C(x)U = 0 \quad (3.3)$$

где функции $c(x)$ и $C(x)$ удовлетворяют условиям, данным в п. 1, причем начиная с некоторого $X > 0$ для $x \geq X$ справедливо неравенство

$$C(x) < c(x). \quad (3.4)$$

Тогда для решения $u_0(x)$ уравнения (3.2), удовлетворяющего краевым условиям

$$u_0(0) = 1, \quad \lim_{x \rightarrow \infty} u_0(x) = 0, \quad (3.5)$$

можно найти решение $U_0(x)$ уравнения (3.3), удовлетворяющее краевым условиям

$$0 < U_0(0) < +\infty, \quad \lim_{x \rightarrow \infty} U_0(x) = 0,$$

такое, что для $x \geq 0$ справедливо неравенство

$$u_0(x) < U_0(x).$$

Доказательство. Согласно известным теоремам [7] уравнение (3.2) с краевыми условиями (3.5) имеет единственное решение $u_0(x)$. Подстановкой $u' = uy(x)$ уравнение (3.2) (соотв. (3.3)) преобразуется в уравнение

$$y' = c(x) - y^2 \quad (3.6)$$

(соотв.

$$Y' = C(x) - Y^2 \quad (3.7)$$

Если обозначать решения уравнений (3.6) и (3.7) проходящие через одну и ту же точку (x_*, y_*) , $x_* > X$, через $y(x)$ и $Y(x)$, то при $x \geq x_*$ в силу (3.6), (3.7) и (3.4) и теоремы Чаплыгина [8]

$$Y(x) < y(x). \quad (3.8)$$

Обозначим через $y_0(x)$ то решение уравнения (3.6), которое соответствует $u_0(x)$. Это будет единственным отрицательным решением, неограниченно продолжаемым в положительном направлении. Через $Y_0(x)$ обозначим единственное отрицательное решение уравнения (3.7) неограниченно продол-

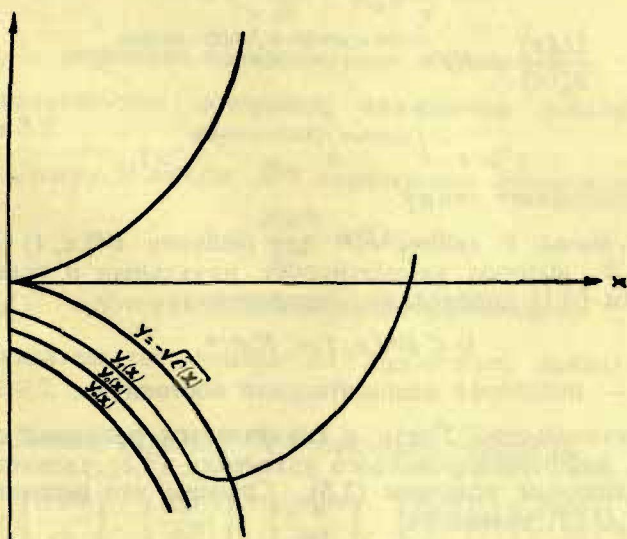


Рис. 1.

жаемое в положительном направлении. Если в некоторой точке с $x \geq X$ было бы $Y_0(x) \leq y_0(x)$ то в силу (3.8) при больших x было бы $Y_0(x) < y_0(x)$, а значит и $Y_1(x) < y_0(x)$, где $Y_1(x)$ также продолжаемо неограниченно и $Y_1(x) \rightarrow \infty$ когда $x \rightarrow +\infty$ (черт. 1), что противоречит определению решения $y_0(x)$. Отсюда для $x \geq X$ имеем

$$Y_0(x) > y_0(x) \quad (3.9)$$

В силу определения $y_0(x)$ имеем

$$u_0(x) = e^{\int_0^x y_0(x) dx}$$

и

$$U_0(x) = Ke^{\int_0^x Y_0(x) dx},$$

где константой K можно еще свободно распоряжаться. Для определения константы K потребуем, чтобы

$$K > e^{-\int_0^X Y_0(x) dx} > 1 \quad (3.10)$$

Тогда $U_0(X) > 1$ и $U_0(x) > 1$ также для $0 \leq x \leq X$ в то время, как $u_0(x) < 1$ для всех x . Для $x \geq X$ имеем в силу (3.9) и (3.10)

$$\begin{aligned} \frac{U_0(x)}{u_0(x)} &= Ke^{\int_0^x (Y_0(x) - y_0(x)) dx + \int_0^x (Y_0(x) - y_0(x)) dx} > \\ &> e^{-\int_0^x y_0(x) dx + \int_0^x (Y_0(x) - y_0(x)) dx} > 1, \end{aligned}$$

что и доказывает лемму.

3.2. Лемма. В любом $\bar{R}^{(k)}$ для решения $u^{(k)}(x, t)$ уравнения (1.5), которое удовлетворяет начальным и граничным условиям (3.1) справедливо неравенство

$$0 \leq u^{(k)}(x, t) \leq K_1 e^{-x}, \quad (3.11)$$

где K_1 — некоторая положительная постоянная.

Доказательство. Пусть $u_0(x)$ является решением обыкновенного дифференцированного уравнения (3.2) удовлетворяющее граничным условиям (3.5). Сравним это решение с решением $U_0(x)$ уравнения

$$\frac{d^2 U}{dx^2} - U = 0.$$

Тогда

$$U_0(x) = K_1 e^{-x} \quad (3.12)$$

Согласно лемме 3.1 при $K_1 > 1$ для всех $x \geq 0$ будет

$$u_0(x) < U_0(x) \quad (3.13)$$

Функция $u_0(x)$ удовлетворяет уравнению (1.5) с граничными условиями и начальными условиями

$$u(x, 0) = u_0(x), \quad u(0, t) = 1, \quad u(X_k, t) = u_0(X_k)$$

Составим разность $v^{(k)}(x, t) = u_0(x) - u^{(k)}(x, t)$. где $u^{(k)}(x, t)$ решение уравнения (1.5), удовлетворяющее начальным и граничным условиям (3.1). Тогда на границе $\bar{R}^{(k)}$ будет $v^{(k)}(x, t) \geq 0$, откуда в силу леммы 2.1 во всем $\bar{R}^{(k)}$ будет $v^{(k)}(x, t) \geq 0$, т. е.

$$u^{(k)}(x, t) \leq u_0(x) \quad (3.14)$$

Согласно лемме 2.1. $u^{(k)}(x, t) \geq 0$ в $\bar{R}^{(k)}$. Это вместе с (3.12) и (3.13) дает неравенство (3.11).

3.3. Лемма. В любом $\bar{R}^{(k)}$ справедливо неравенство

$$0 \leq \frac{\partial u^{(k)}}{\partial t} < K_2 e^{-x}. \quad (3.15)$$

где K_2 — некоторая положительная постоянная.

Доказательство совершенно аналогично доказательству леммы 3.2.

3.4. Лемма. В любом $\bar{R}^{(k)}$ справедливо неравенство

$$0 \leq \frac{\partial^2 u^{(k)}}{\partial t^2} \leq K_3 e^{-x},$$

где K_3 — некоторая положительная постоянная.

Доказательство леммы 3.4 аналогично доказательству леммы 3.2.

3.5. Лемма. В любом $\bar{R}^{(k)}$ последовательности

$$\left\{ u^{(i)} \right\}, \left\{ \frac{\partial u^{(i)}}{\partial t} \right\}, \left\{ \frac{\partial^2 u^{(i)}}{\partial t^2} \right\}, \left\{ \frac{\partial^3 u^{(i)}}{\partial t^3} \right\}, \left\{ \frac{\partial u^{(i)}}{\partial x} \right\}, \left\{ \frac{\partial^2 u^{(i)}}{\partial x \partial t} \right\} \text{ и } \left\{ \frac{\partial^3 u^{(i)}}{\partial x \partial t^2} \right\}$$

ограничены равномерно:

Доказательство. Для последовательностей

$$\left\{ u^{(i)} \right\}, \left\{ \frac{\partial u^{(i)}}{\partial t} \right\}, \left\{ \frac{\partial^2 u^{(i)}}{\partial t^2} \right\} \text{ и } \left\{ \frac{\partial^3 u^{(i)}}{\partial t^3} \right\}$$

справедливость леммы следует из примечания 2.11.

Оценки

$$\left| \frac{\partial u_{(n)}}{\partial x} \right|, \left| \frac{\partial^2 u_n}{\partial x \partial t} \right| \text{ и } \left| \frac{\partial^3 u_n}{\partial x \partial t^2} \right|$$

на Γ в леммах 2.5 и 2.7 не зависят от X .

Остается показать, что в неравенстве (2.11) также и выражение

$$\max_R \left| \alpha^{-1} e^{\alpha t} \frac{\partial b}{\partial x} u_n \right|$$

можно оценить независимо от X . Действительно, пусть $\max_{\bar{R}^{(N)}} \left| \alpha^{-1} e^{\alpha t} \frac{\partial b}{\partial x} u_n \right| = \eta$. В силу леммы 3.2 и условий относительно функции $b(x)$ можно выбрать такую область $R^{(N)}$, что вне ее $\left| \alpha^{-1} e^{\alpha t} \frac{\partial b}{\partial x} u_n \right| < \eta$. Тогда для любого k будет

$$\left| \alpha^{-1} e^{\alpha t} \frac{\partial b}{\partial x} u_n \right| \leq \max_{\bar{R}^{(N)}} \left| \alpha^{-1} e^{\alpha t} \frac{\partial b}{\partial x} u_n \right|.$$

Используя лемму 3.3 аналогично доказывается соответствующая оценка для $\frac{\partial^2 u_n}{\partial x \partial t}$, что и завершает доказательство леммы 3.5.

Рассмотрим области

$$R_m^{(k)}: x_m < x < X_k, \quad 0 < t < T$$

и соответствующие замкнутые прямоугольники

$$\bar{R}_m^{(k)}: x_m \leq x \leq X_k, \quad 0 \leq t \leq T.$$

3.6. Лемма. При каждом $X > 1$ и $x > X$ начиная с некоторого $k > k_0$ справедливо неравенство

$$0 \leq \frac{\partial^2 u^{(k)}(x, t)}{\partial x^2} \leq K_4 x^r e^{-x}$$

где K_4 и r — некоторые положительные постоянные.

Доказательство. В силу леммы 3.2 и 3.3 и условий, которым удовлетворяет функция $c(x)$ из уравнения (1.5) для $x > X > 1$ имеем

$$0 \leq \frac{\partial^2 u^{(k)}}{\partial x^2} = \frac{1}{a(x)} \frac{\partial u^{(k)}}{\partial t} + c(x) u^{(k)} \leq \frac{K_2}{a(x)} e^{-x} + bK_1 x^r e^{-x},$$

где $r > 0$ достаточно большое, откуда и следует утверждение леммы.

3.7. Лемма. При каждом $X > 1$ для $x > X$ начиная с некоторого $k > k_0$ справедливо неравенство $\left| \frac{\partial^2 u^{(k)}}{\partial x^2 \partial t} \right| \leq K_5 k^r e^{-x}$, где K_5 и r — некоторые положительные постоянные.

Доказательство аналогично доказательству леммы 3.6.

3.8. Лемма. При каждом $X > 1$ для $x > X$, начиная с некоторого $k > k_0$ справедливо неравенство

$$\left| \frac{\partial u^{(k)}}{\partial x} \right| < K_6 x^r e^{-x},$$

где K_6 и r — некоторые положительные постоянные.

Доказательство. По формуле Тейлора

$$u^{(k)}(x-1, t) = u^{(k)}(x, t) - \frac{\partial u^{(k)}(x, t)}{\partial x} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 u^{(k)}(x-\theta, t)}{\partial x^2},$$

$0 \leq \theta \leq 1$, откуда

$$\frac{\partial u^{(k)}(x, t)}{\partial x} = -u^{(k)}(x-1, t) + u^{(k)}(x, t) + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 u^{(k)}(x-\theta, t)}{\partial x^2}$$

и для $X \leq x \leq X_k$ в силу лемм 3.2 и 3.6

$$\left| \frac{\partial u^{(k)}(x, t)}{\partial x} \right| \leq |u^{(k)}(x-1, t)| + |u^{(k)}(x, t)| + \frac{1}{2} \left| \frac{\partial^2 u^{(k)}(x-\theta, t)}{\partial x^2} \right| \leq K_1 e^{-x+1} + K_1 e^{-x} + \frac{1}{2} K_4 x^r e^{-x+\theta} \text{ или } \left| \frac{\partial u^{(k)}(x, t)}{\partial x} \right| \leq K_6 x^r e^{-x}.$$

Так как $X_k \rightarrow \infty$ при $k \rightarrow \infty$, то для любого x можно подобрать такое k_0 , что при $k > k_0$ будет $x < X_k$.

3.9. Лемма. При каждом $X > 1$ для $x > X$, начиная с некоторого $k > k_0$, справедливо неравенство

$$\left| \frac{\partial^2 u^{(k)}}{\partial x \partial t} \right| \leq K_7 x^r e^{-x},$$

где K_7 и r — некоторые положительные постоянные.

Доказательство леммы 3.9 аналогично доказательству леммы 3.8.

3.10. Лемма. В любом $\bar{R}^{(k)}$ последовательности

$$\left\{ \frac{\partial^2 u^{(i)}}{\partial x^2} \right\}, \left\{ \frac{\partial^3 u^{(i)}}{\partial x^2 \partial t} \right\}, \left\{ \frac{\partial^4 u^{(i)}}{\partial x^2 \partial t^2} \right\}, \left\{ \frac{\partial^3 u^{(i)}}{\partial x^3} \right\} \text{ и } \left\{ \frac{\partial^4 u^{(i)}}{\partial x^3 \partial t} \right\}$$

ограничены равномерно.

Доказательство. Для последовательностей

$$\left\{ \frac{\partial^2 u^{(i)}}{\partial x^2} \right\}, \left\{ \frac{\partial^3 u^{(i)}}{\partial x^2 \partial t} \right\} \text{ и } \left\{ \frac{\partial^4 u^{(i)}}{\partial x^2 \partial t^2} \right\}$$

лемма следует из уравнения (2.12) и леммы 3.1, 3.2, 2.2, 2.3, 2.4, и условий относительно функции $b(x)$.

Независимость оценок $\left| \frac{\partial^3 u^{(i)}}{\partial x^3} \right|$ при фиксированном m и X_i следует из леммы 3.2, 3.5, 3.6, 3.8 и уравнения

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial t} = a(x) \frac{\partial^3 u}{\partial x^3} + \frac{\partial a}{\partial x} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - b(x) \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial b}{\partial x} u,$$

полученного предельным переходом при $\epsilon_n \rightarrow 0$ из уравнения (2.9). Аналогично доказывается независимость оценки $\left| \frac{\partial^4 u^{(i)}}{\partial x^3 \partial t} \right|$ от X в $\bar{R}_m^{(k)}$.

Рассмотрим еще области

$$S: \quad x > 0, \quad t > 0$$

и

$$\bar{S}: \quad x \geq 0, \quad t \geq 0.$$

3.11. Лемма. Решение $u(x, t)$ уравнения (1.5), удовлетворяющее в \bar{S} условию

$$\lim_{x \rightarrow \infty} u(x, t) = 0, \tag{3.16}$$

не может принимать положительного максимума или отрицательного минимума в S .

Доказательство. Допустим, что в некоторой точке $(x_1, t_1) \in S$ функция $u(x, t)$ имеет положительный максимум и $u(x_1, t_1) = M > 0$.

Согласно условию (3.16) существует такое $x = X > x_1$, что для $0 \leq t \leq 2t_1$ справедливо неравенство $u(X, t) < \frac{M}{2}$.

Однако, тогда получается противоречие с леммой 2.1. Аналогично доказывается отсутствие отрицательного минимума.

3.12. Теорема. Существует не больше одного решения уравнения (1.5), удовлетворяющего начальным и граничным условиям (1.6).

Доказательство. Допустим, что существуют два решения уравнения (1.5), удовлетворяющих начальным и граничным условиям (1.6), u^* и u^{**} . Тогда функция $v(x, t) = u^*(x, t) - u^{**}(x, t)$ удовлетворяет уравнению (1.5) и начальным и граничным условиям $v(0, t) = 0$, $v(x, 0) = 0$, $\lim_{x \rightarrow \infty} v(x, t) = 0$

Отсюда согласно лемме 3.11 $v(x, t) \equiv 0$, что и доказывает теорему.

3.13. Теорема. Функция $u_T(x, t) = \lim_{k \rightarrow \infty} u^{(k)}(x, t)$ непрерывная в \bar{S}_T , удовлетворяет начальным и граничным условиям (1.6) и в области S_T уравнению (1.5).

Доказательство. Рассмотрим последовательность $\{\bar{R}_j^{(l)}\}$, такую, что $\bar{R}_j^{(l)} \subset \bar{R}_{j+1}^{(l+1)}$, $\sum_{j=1}^{\infty} \bar{R}_j^{(l)} = S_T$.

Согласно теореме Арцеля и леммам 3.5 и 3.6 из последовательности $\{u^{(k)}(x, t)\}$ можно выбрать подпоследовательности $\{u^{(kj)}\}$ $j=1, 2, \dots$, такие, что $\{u^{(kj)}\}$ и $\left\{\frac{\partial u^{(kj)}}{\partial t}\right\}$ сходятся равномерно в $\bar{R}^{(l)}$, а $\left\{\frac{\partial^2 u^{(kj)}}{\partial x^2}\right\}$ в $R_j^{(l)}$ и $\{u^{(kj+1)}\}$ является подпоследовательностью последовательности $\{u^{(kj)}\}$. Далее диагональным процессом образуем последовательность $\{u^{(kk)}\}$. Эта последовательность также как $\left\{\frac{\partial u^{(kk)}}{\partial t}\right\}$ сходится равномерно в любом $\bar{R}^{(l)}$, а последовательность $\left\{\frac{\partial^2 u^{(kk)}}{\partial x^2}\right\}$ сходится равномерно в любом $\bar{R}_j^{(l)}$

Пусть

$$\lim_{k \rightarrow \infty} u^{(kk)} = u_T(x, t)$$

Тогда согласно теореме о переходе к пределу под знаком дифференцирования [6]

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \frac{\partial u^{(kk)}}{\partial t} = \frac{\partial u_T}{\partial t}, \quad \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{\partial^2 u^{(kk)}}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 u_T}{\partial x^2} \quad (3.17)$$

Подставляя в уравнение (1.5) $u^{(kk)}(x, t)$ вместо $u(x, t)$ и переходя к пределу, когда $k \rightarrow \infty$, получаем, что функция $u_T(x, t)$ удовлетворяет уравнению (1.5) в любой точке области S_T .

Функция $u_T(x, t)$ удовлетворяет начальным и граничным условиям при $t=0$ и $x=0$, так как им удовлетворяют каждая функция $u^{(kk)}(x, t)$. Из леммы 3.2 следует, что для любого $\eta > 0$ можно подобрать такое X , что при $x > X$ будет $0 \leq u_T(x, t) < \eta$ откуда получаем, что

$$\lim_{x \rightarrow \infty} u_T(x, t) = 0.$$

Наконец из теоремы 3.12 следует, что и сама последовательность $\{u^{(k)}(x, t)\}$ сходится к $u_T(x, t)$.

3.14. Теорема. Существует функция $u(x, t)$ удовлетворяющая начальным и граничным условиям (1.6) и непрерывная в \bar{S} и удовлетворяющая уравнению (1.5) в S .

Доказательство. Рассмотрим последовательность областей $\{S_{T_n}\}$, причем $T_{n+1} \supset T_n$, $T_n \rightarrow \infty$.

$$\text{Тогда } S_{T_n} \subset S_{T_{n+1}}, \quad \sum_{n=1}^{\infty} S_{T_n} = S.$$

Каждой области S_{T_n} соответствующее решение уравнения (1.5) при начальных и граничных условиях (1.6) обозначим через $u_{T_n}(x, t)$. Согласно теореме 3.12 имеем $u_{T_{n+1}}(x, t) = u_{T_n}(x, t)$ в S_{T_n} . Определим в \bar{S} функцию $u(x, t)$ так, чтобы в любом \bar{S}_{T_n} было $u(x, t) = u_{T_n}(x, t)$. Согласно теореме 3.13 $u(x, t)$ удовлетворяет условиям (1.6) и непрерывна в \bar{S} и удовлетворяет уравнению (1.5) в любой точке S , так как любая точка S принадлежит к S_{T_n} с некоторым n .

3.15. Теорема. Для любого $\eta > 0$ можно найти такое $\delta > 0$, что при изменении правой части второго равенства (1.6) не более, чем на δ , решение новой краевой задачи в любой точке будет отличаться от данного не более чем на η .

Доказательство. Пусть $u(x, t)$ — решение уравнения (1.5) удовлетворяющее начальным и граничным условиям (1.6), а $u^*(x, t)$ — решение уравнения (1.5) удовлетворяющее начальным и граничным условиям

$$u^*(x, 0) = 0, \quad u^*(0, t) = \varphi(t) + \psi(t), \quad \lim_{x \rightarrow \infty} u^*(x, t) = 0, \quad (3.18)$$

где функция $\psi(t)$ непрерывна вместе с производными до четвертого порядка включительно, $\psi(0) = \psi'(0) = \psi''(0) = \psi'''(0) = \psi^{(4)}(0) = 0$.

$$|\psi(t)| < \delta$$

Тогда $v = u^* - u$ удовлетворяет уравнению (1.5) с начальными и граничными условиями

$$v(x, 0) = 0, \quad v(0, t) = \psi(t), \quad \lim_{x \rightarrow \infty} v(x, t) = 0. \quad (3.19)$$

Покажем, что $|v(x, t)| < \delta$. Допустим, что для точки (x_1, t_1) будет $v(x_1, t_1) < \delta$. Согласно третьему условию (3.18) и (3.19) существует такое $x = X \gg x_1$, что для $0 \leq t \leq 2t_1$, $v(X, t) < \delta$. Однако тогда из (3.18) и (3.19) следует противоречие с леммой 2.1.

Для доказательства теоремы следует выбрать $\delta < \eta$.

3.16. Лемма. Производная $\frac{\partial u}{\partial t}$ удовлетворяет уравнению (1.5) в S и начальным и граничным условиям

$$\frac{\partial u(x, 0)}{\partial t} = 0, \quad \frac{\partial u(0, t)}{\partial t} = \varphi'(t), \quad \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{\partial u(x, t)}{\partial t} = 0. \quad (3.20)$$

Доказательство. Подпоследовательность $\{u^{(k)}\}$ в доказательстве теоремы 3.13 можно выбрать так, чтобы в $\bar{R}^{(n)}$ сходилась последовательность $\left\{\frac{\partial^2 u^{(kk)}}{\partial t^2}\right\}$, а в $\bar{R}_j^{(n)}$ последовательность $\left\{\frac{\partial^3 u^{(kk)}}{\partial x^2 \partial t}\right\}$. Тогда кроме (3.17) будет

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \frac{\partial^2 u^{(kk)}}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 u_T}{\partial t^2}, \quad \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{\partial^3 u^{(kk)}}{\partial x^2 \partial t} = \frac{\partial^3 u_T}{\partial x^2 \partial t}$$

Подставляя в уравнение (1.5) $\frac{\partial u^{(kk)}}{\partial t}$ вместо $u(x, t)$ и переходя к пределу, когда $k \rightarrow \infty$ получаем, что $\frac{\partial u_T}{\partial t}$ удовлетворяет уравнению (1.5) в S_T . Условия (3.20) выполняются в S_T , что получаем предельным переходом в первых двух условиях (2.7) и в (3.15). Так как в любой точке \bar{S} функция $\frac{\partial u}{\partial t}$ совпадает с $\frac{\partial u_T}{\partial t}$ с достаточно большим T , то получаем утверждение леммы.

4. В заключение исследуем асимптотическое поведение решения $u(x, t)$ уравнения (1.5), удовлетворяющего начальным и граничным условиям (1.6).

4.1. Теорема. Для любого $\eta > 0$ можно найти такое t_0 , что при $t > t_0$ будет $|u(x, t) - u_0| < \eta$ где $u(x, t)$ решение уравнения (1.5), удовлетворяющее начальным и граничным условиям (1.6), а $u_0(x)$ — решение уравнения (3.2) удовлетворяющее граничным условиям (3.5).

Доказательство. Рассмотрим разность $v(x, t) = u(x, t) - u_0(x)$, которая удовлетворяет уравнению (1.5), с начальными условиями $v(x, 0) = -u_0(x) \leq 0$ и граничными условиями

$$v(0, t) = \varphi(t) - 1 \begin{cases} < 0 & \text{при } t < 1 \\ = 0 & \text{при } t \geq 1 \end{cases} \text{ и } \lim_{x \rightarrow \infty} v(x, t) = 0$$

Тогда согласно лемме 3.11 $v(x, t) \leq 0$.

Согласно леммам 3.11 и 3.16 $\frac{\partial u}{\partial t} \geq 0$ в \bar{S} , откуда $\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{\partial u}{\partial t} \geq 0$.

Таким образом остается доказать, что для любого $\eta > 0$ можно найти такое t_0 , что при $t > t_0$ справедливо неравенство

$$v(x, t) > -\eta.$$

Допустим противоположное: пусть существует такое $\eta_1 > 0$, что для любого $t_n > 1$ существует такое

$$x_n (0 < x_n < \infty),$$

что $v(x_n, t_n) > -\eta_1$.

Так как $v(0, t_n) = 0$ и $\lim_{x \rightarrow \infty} v(x, t) = 0$, то x_n можно выбрать

так, чтобы функция $v(x, t_n)$ имела бы в этой точке минимум, т. е.

$$\frac{\partial^2 v(x_n, t_n)}{\partial x^2} \geq 0 \quad (4.2)$$

Из (4.1) следует, что $v(x_n, t) \leq -\eta_1$ и для $0 \leq t \leq t_n$. Для данного η_1 можно найти такие x_* и x^* , чтобы

$$0 < x_* \leq x_n \leq x^* \quad (4.3)$$

для всех n . Действительно, для некоторого $t > 1$ в силу непрерывности функции v можно найти такое x_* , чтобы для

$0 \leq x < x_*$ было $v(x, t) > -\frac{\eta_1}{2}$, а также такое x^* чтобы для

$x > x^*$ было $u_0(x) < \frac{\eta_1}{2}$ т. е. $v(x, t) > -\frac{\eta_1}{2}$. Тогда из (4.1) следует (4.3). Последовательности $\{t_n\}$, $t_n \rightarrow \infty$ соответствует

$\{x_n\}$, имеющая предельную точку \bar{x} ($x_* \leq \bar{x} \leq x^*$) для которой

$$v(\bar{x}, t) \leq -\eta_1 \quad (4.4)$$

для всех $t \geq 0$. Так как $v(x, t)$ удовлетворяет уравнению (1.5), то для точек (\bar{x}, t) $0 < t < \infty$ в силу (4.2) и (4.4) будет

$$\frac{\partial v}{\partial t} = a(\bar{x}) \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} b(\bar{x}) v \geq b(\bar{x}) \eta_1 \geq b(x_*) \eta_1 = K > 0.$$

Однако тогда $v(\bar{x}, \bar{t}) \geq -u_0(\bar{x}) + K\bar{t} > 0$,

для $\bar{t} > \frac{u_0(\bar{x})}{K}$, что противоречит (4.4). Этим и завершается доказательство теоремы 4.1.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. М. Ильин. *Мат. сб.* т. 50 (92) № 4 стр. 443—498, 1960.
2. М. Кшижанский. *Бюлл. Польской Акад. наук, отд. 3.* т. 4, № 5 стр. 243—247, 1956.
3. Ю. М. Черемных. *ИАН СССР*, т. 23, № 6, 913—924, 1959.
4. О. А. Олейник и Т. Д. Вентцель. *Мат. сб.* т. 41 (83) № 1, стр. 105—128, 1957.
5. И. Г. Петровский. *Лекции по теории обыкновенных дифференциальных уравнений*, Москва-Ленинград, 1949.
6. Г. М. Фихтенгольц. *Курс дифференциального и интегрального исчисления. Том II*, Москва—Ленинград, 1948.
7. Дж. Сансоне. *Обыкновенные дифференциальные уравнения. Том 2*. Москва, 1954.
8. С. А. Чаплыгин. *Новый метод приближенного интегрирования дифференциальных уравнений*. Москва—Ленинград, 1950.
9. A. Friedman *J. Math. and Mech.*, v. 8, Nr. 1, 57—76, 1959.

KOPSAVILKUMS

L. Reiziņš un S. Stūre. Kāda deģenerēta paraboliska vienādojuma atrisinājuma eksistence un asimptotika.

Sajā rakstā ir pierādīta diferencialvienādojuma (1.5) atrisinājuma eksistence un unitāte apgabalā $z \geq 0, t \geq 0$ pie nosacījumiem (1.6). Pierādīts, ka atrisinājums, kad $t \rightarrow \infty$, asimptotiski tiecas uz parastā diferenciālvienādojuma (3.2) atrisinājumu pie nosacījumiem (3.5).

Tam pašam uzdevuma tipam pieder Saules sistēmas komētu difūzijas vienādojums (1.1) pie nosacījumiem (1.2). Šā uzdevuma nosacījumi nozīmē, ka Saules sistēmā laika momentā $t=0$ komētu skaits v ir nulle un sistēmā no ārpusēs ienāk parabolisko

komētu vienmērīgi augoša plūsma, kas sākot ar momentu $t_1 > 0$ paliek konstanta.

Diferenciālvienādojuma (1.5) atrisinājuma eksistences un unitātes pierādījums izdarīts divos posmos. Vispirms pierādīts, ka vienādojumam (1.5), kam koeficients $a(x)$ deģenerējas pie $x=0$, atrisinājums eksistē galīgā taisnstūrī. Pierādījumam izmantots vispārinātais maksimuma princips un pāreja no vienādojuma (2.1) uz vienādojumu (1.5) izmantota Arceļa teorēma un diagonālprocess. Otrā posmā pierādīta atrisinājuma eksistence pusbezgalīgā apgabalā, izmantojot Arceļa teorēmu un diagonālprocesu pārejai no galīga X uz bezgalīgu.

Pēdējā paragrafā, konstruējot atrisinājumu $v(x,t)$ un izmantojot maksimuma principu, pierādīta uzdevuma (1.5)—(1.6) atrisinājuma asimptotiska tiekšanās uz uzdevuma (3.2)—(3.5) atrisinājumu.

SUMMARY

L. Reiziņš and S. Stūre. Existence and Asymptotical Behaviour of the Solution of a Certain Degenerate Parabolic Equation.

The present paper proves the existence and uniqueness of a solution of the differential equation (1.5) under conditions (1.6) in the domain $z \geq 0, t \geq 0$. It proves also that, when $t \rightarrow \infty$, this solution tends asymptotically to the solution of the ordinary differential equation (3.2) under conditions (3.5). To the same type belongs the equation (1.1) of the diffusion of comets in the solar system under conditions (1.2). The last condition expresses 1) that at the moment $t=0$ there are no comets in the solar system; 2) that the solar system is entered from outside by a flow of comets, uniformly increasing up to the moment $t_1 > 0$ and constant afterwards.

The existence and the uniqueness are proved in two stages. The first part deals with the equation (1.5) the coefficient $a(x)$ of which degenerates at $x=0$ and states the existence of the solution in a finite rectangle. The proof uses the generalized maximum principle, the transition from (2.1) to (1.5) is realized by the theorem of Arcela and a diagonal process. At the second stage existence in an infinite domain is proved by using Arcela's theorem and the diagonal process for transition from finite X to infinite.

The last paragraph shows (by constructing the solution $v(x,t)$ and using the maximum principle) the asymptotic convergence of the solution of (1.5)—(1.6) to the solution of (3.2)—(3.5).

К. А. ШТЕЙНС.

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ ЛАТВИЙСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА С 1944—1960 ГОД

В первые годы после немецко-фашистской оккупации (1941—1944) главной задачей Астрономической обсерватории и кафедры астрономии была подготовка молодых специалистов-астрономов, так как недостаток квалифицированных кадров в Советской Латвии был резко ошутим. Астрономическая обсерватория и кафедра астрономии были организованы под руководством профессора Ф. Я. Блумбаха (1864—1949). Основные направления — звездная астрономия и небесная механика. Были установлены тесные связи с московской школой звездной астрономии, руководимой профессором П. П. Паренаго, а также с Институтом Теоретической Астрономии АН СССР в Ленинграде, в особенности с его руководителем профессором М. Ф. Субботиным и проф. Н. С. Яхонтовой.

В послевоенные годы было подготовлено около 20 специалистов-астрономов. В связи с основанием Академии Наук Латвийской ССР в 1946 году, почти все квалифицированные сотрудники обсерватории в последующие годы перешли на основную работу в Институт Физики и Математики АН ЛССР, и научная деятельность Астрономической обсерватории ЛГУ по сути дела прекратилась. В 1951 г. были ликвидированы астрономическая специальность и кафедра.

Основным достижением периода с 1944 по 1951 год следует считать подготовку специалистов по астрономии и освоение научной тематики, после ставшей основой научной деятельности астрономов Академии Наук ЛССР.

Деятельность Астрономической обсерватории в периоде с 1951 года по 1956 год совершенно отличается от деятельности в предыдущем периоде. Личный состав обсерватории был сокращен до минимума: 4 лаборанта под руководством преподавателя специалиста по астрономии доц. К. Штейна. Педагогическая работа по астрономии ограничивалась чтением курса основ астрономии для студентов физико-математического и географического факультетов. Безусловно, центральным со-

бытием этого периода является то, что главным направлением Обсерватории стала работа по определению точного времени. С 1951 года Служба времени начала регулярно определять поправки часов и была включена в единую Службу времени Советского Союза. Несмотря на устаревшую аппаратуру, особенно плохое качество имеющихся астрономических часов (фирмы Riefler) полученные астрономические определения точного времени успешно использовались при составлении бюллетеней эталонного времени Советского Союза. Залогом достигнутых результатов была помощь, оказанная Центральным Научно-Исследовательским Бюро Единой Службы Времени (ЦНИБ), ныне ВНИИФТРИ. В этом периоде весьма интенсивно проводились теоретические исследования по космогонии комет.

Подготовка к проведению Международного Геофизического года (МГГ, 1957—1958) ознаменовала начало следующего периода деятельности Обсерватории. Начиная с конца 1956 года пополнялся личный состав обсерватории, было приобретено новое оборудование, началось строительство новых астрономических объектов. Во время МГГ Службой времени ЛГУ руководили Э. Каупуша (с 1957 г. по июнь 1958 г.), Я. Клетниекс (с июня 1958 по июль 1959) и К. Штейнс (с июля 1959 г.). Расширению всеобщего интереса к астрономии безусловно способствовал запуск первых искусственных спутников Земли (ИСЗ) и межпланетных ракет. Это привело к необходимости возобновить подготовку специалистов по астрономии в индивидуальном порядке.

§ 1. Согласно плану проведения Международного Геофизического года (МГГ), Астрономическая обсерватория ЛГУ приняла участие в разработке темы «Определение точного времени и долгот».

Уже по наблюдениям поправок часов предыдущего периода было обнаружено, что наблюдательный павильон, находящийся в городском парке недалеко от старого здания Университета на бульваре Райниса 19, не отвечает современным требованиям и ограничивает возможность повышения точности наблюдений. Это вызвано главным образом непрочностью грунта, на котором построены фундаменты астрономических инструментов. Как известно, город Рига построен на болотистой местности. Неустойчивость фундаментов особенно сильно влияла после дождевых периодов и во время весеннего таяния почвы. Сотрясения от городского транспорта и уличное освещение также отрицательно влияли на условия наблюдения. Невозможным оказалось дальнейшее усовершенствование павильона: постройка мир, забора и т. д.

Все сказанное о неустойчивости фундамента пассажного

инструмента следует отнести и к фундаменту, специально построенному для основных астрономических часов в подвале старого здания.

Поэтому было решено для улучшения условий наблюдения и хранения времени построить новый павильон и подвал для

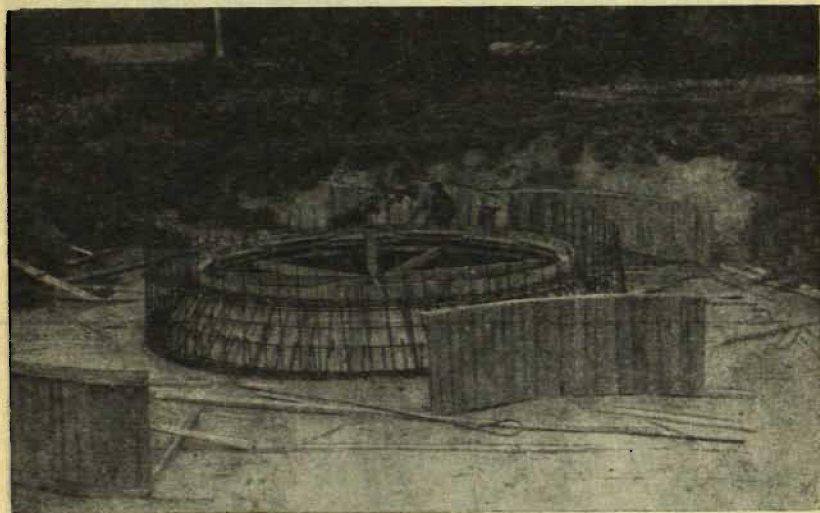


Рис. 1. Начало строительства часового подвала в 1957 г.

хранения маятников часов на территории Ботанического сада Университета. Строительство было начато в 1957 году, однако оно затянулось и только в настоящее время подходит к концу.

Для предохранения астрономических часов от колебаний температуры и других наружных влияний, камера для хранения часов построена в виде круглого цилиндра диаметром 5 метров, который погружен в землю на глубину 14 метров. Для устранения циркуляции воздуха, внутри цилиндра предусмотрено несколько перекрытий. Часы будут прикреплены к специальным изолированным бетонным столбам.

Проектом предусмотрено использование массивных стен подвала в качестве фундамента для столба пассажного инструмента АПМ-10. Пол и перекрытие наблюдательного павильона не будут касаться столба.

Вблизи строящегося павильона уже построено здание для наблюдателей. На дворе старого здания Университета пробурена скважина глубиной в 40 метров — термостат для вновь строящихся кварцевых часов.

§ 2. Мы уже отметили, что аппаратура Службы времени

ЛГУ к началу 1957 года износилась и устарела. Двое часов Рифлера не могли обеспечить достаточно точную привязку астрономических наблюдений к сигналам точного времени, не говоря даже о задаче хранения времени. Приобретенные в 1957 году отечественные астрономические часы АЧЭ-25 обеспе-

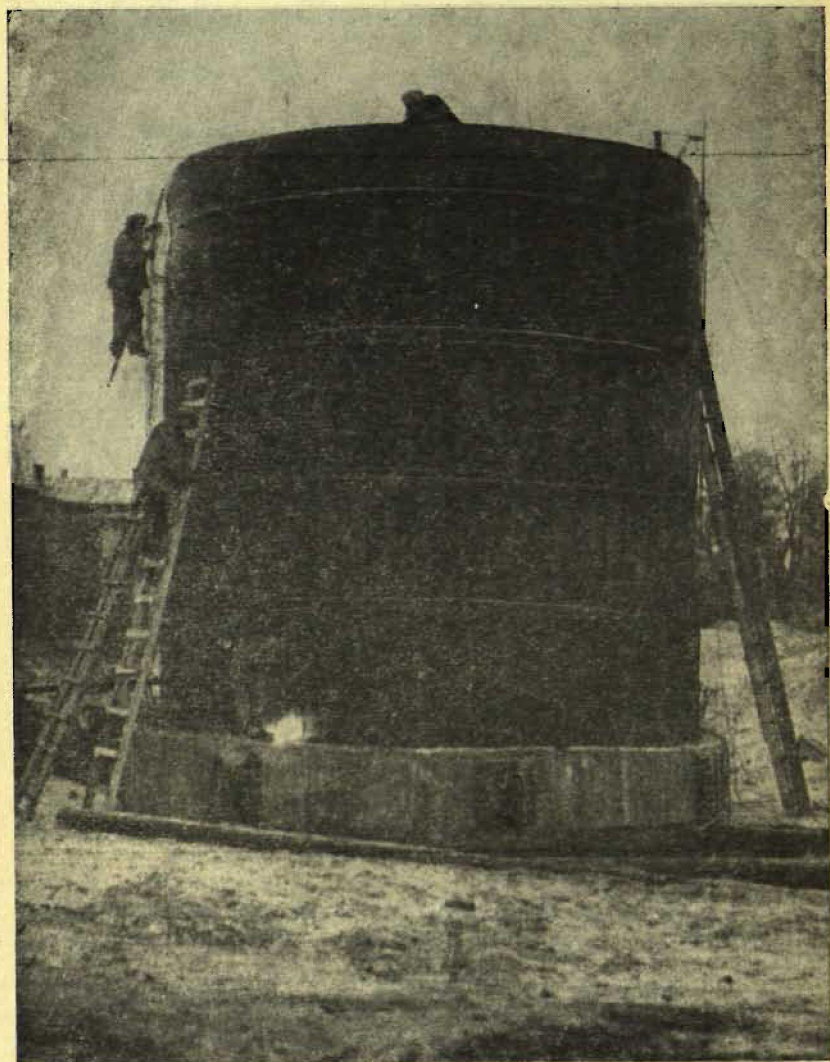


Рис. 2. Строительство часового подвала. Сварка металлического цилиндра в 1958 г.

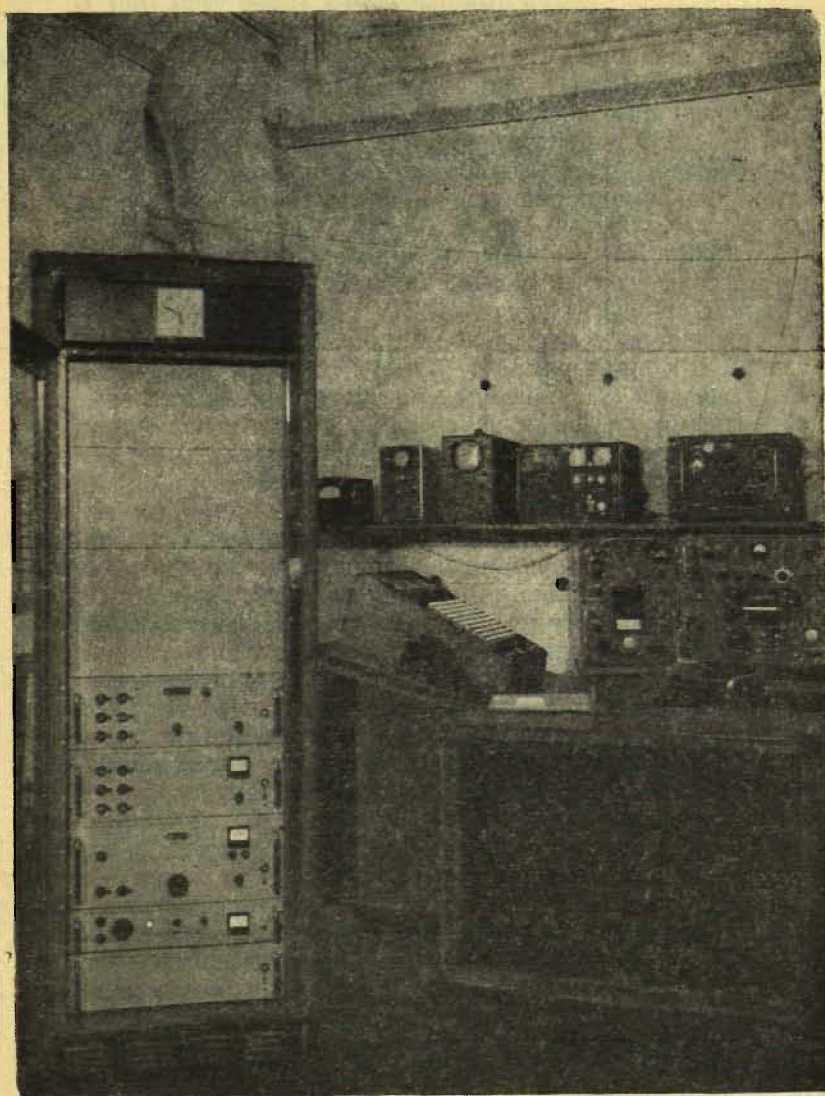


Рис. 3. Уголок рабочего помещения Службы времени. На снимке кварцевые часы, пульт управления, радиоприемники и другие радиотехнические приборы.

чили привязку наблюдений к сигналам точного времени с точностью до несколько тысячных долей секунды. На этих часах Служба времени работала по программе МГГ с 1 VII 1957 года до 1 VI 1958 года. Одновременно с часами АЧЭ был

введен в эксплуатацию хроноскоп, изготовленный в мастерской обсерватории.

С 1 VI 1958 года главными часами Службы времени ЛГУ стали кварцевые часы фирмы „Rohde und Schwarz“.

С 1 V 1959 г. Служба времени перешла на осциллометрический прием радиосигналов точного времени. Точность приема и хранения времени по данным бюллетеня «Эталонное время» $\pm 0^s,0002$.

До 1960 г. астрономические наблюдения велись на пассажном инструменте Askania Werke D-70 мм, с контактным микрометром. Перед началом МГГ цапфы инструмента были перешлифованы в мастерской Главной Астрономической Пулковской Обсерватории АН СССР и оказались весьма хорошего качества. Латунные лагерья инструмента были заменены деревянными лагерьями из специально подготовленного самшита. Несмотря на тщательную регулировку разгрузочного механизма, при наблюдениях были замечены резкие скачки наклона горизонтальной оси, достигающие одного деления секундного уровня. Были приняты некоторые попытки устранить этот недостаток, например, некоторое время наблюдения велись без использования разгрузочного механизма. Однако никаких улучшений это не дало. Потом, для устранения несимметричности давления микрометрического зенитного винта на инструмент, было изготовлено специальное устройство. Однако и это никаких заметных успехов не дало. Для исследования влияния упомянутого винта на изменение направления оси инструмента по азимуту, к пассажному инструменту были приспособлены два оптиметра. Посредством их было установлено, что направление горизонтальной оси при переключке инструмента остается неизменным с точностью до 0,1 микрона, если по крайней мере два последние оборота вращения зенитного винта производятся в одном и том же (прямом или обратном) направлении. В противном случае при наблюдении изменение направления горизонтальной оси по азимуту в линейной мере достигало 3 микрона (расстояние между лагерьями 430 мм).

Для выяснения вопроса, что является причиной изменения наклона горизонтальной оси: фундамент или неустойчивость самого инструмента, к фундаменту был прикреплен дополнительный уровень. Однако этот опыт оказался неудачным из-за значительной чувствительности установки к изменениям температуры. Вопрос о причинах резких колебаний наклона горизонтальной оси инструмента остался не решенным, однако опыты с оптиметром показали, что скачкообразные изменения наклонности во время наблюдений не оказывают существенного влияния на поправку часов.

В 1957 году перед наблюдениями цапфы инструмента промывались спиртом и бензином. Но оказалось, что такой метод не применим в условиях весьма сырого климата Риги. Вскоре на цапфах появились пятна коррозии. К счастью неповрежденными остались рабочие сечения цапф, используемые при наблюдениях по программе, выбранной во время МГГ.

В дальнейшем цапфы всегда покрывались вазелином и после наблюдений обвертывались пергаментом.

К концу 1958 года Служба времени получила пассажирный инструмент АПМ-10, $D = 100$ мм с фотоэлектрической установкой для регистрации звездных прохождений. Так как фотоэлектрическая установка требовала некоторых переделок, наблюдения на этом инструменте начаты только в 1960 году.

Для наблюдения ИСЗ в 1957 году на территории Ботанического сада была устроена временная площадка наблюдений. В 1959 году там же оборудована постоянная площадка с 20 бетонными столбиками для трубок АТ-1 и ТЗК.

Для фотографирования ИСЗ станция располагает камерой НАФА Зс/25. Сделаны попытки снимать слабые спутники на подвижную пластинку. Выполнено два варианта: с синусоидальными колебаниями пластинки и скачкообразной компенсацией скорости передвижения.

§ 3. Рассматривая задачи Службы времени ЛГУ, нельзя упускать из виду современные основные задачи всех служб времени во всемирном масштабе. Быстрое развитие науки и техники внесло в эту отрасль коренные изменения. Если раньше астрономические наблюдения были необходимы для исследования хода лучших астрономических часов, то в настоящее время атомные, молекулярные и кварцевые часы при сравнении с астрономическими определениями времени дают возможность исследовать неравномерность вращения Земли. Прежняя задача определения точного времени по астрономическим наблюдениям потеряла свою актуальность в своем старом смысле, так как теперь наилучшим эталоном времени являются атомные эталоны, а не вращение Земли. Точность астрономических наблюдений значительно повысилась в связи с введением новых инструментов: фотографической зенитной трубы, астролябией Данжона и фотоэлектрического пассажирного инструмента. По последним данным в наилучших условиях можно определить поправку часов с точностью ± 0.002 . Точность современной передачи и приема сигналов достигает порядка 10^{-4} сек. Следовательно, астрономические наблюдения можно использовать для исследования неравномерности вращения Земли при наличии хороших кварцевых часов и регулярном приеме радиосигналов точного времени.

Вышеизложенное положение дает возможность определить

сегодняшние задачи Службы времени ЛГУ и предвидеть возможные пути ее развития. Ясно, что задача хранения равномерного времени не по силе Службе времени ЛГУ. Это задача более крупных, технически лучше оснащенных учреждений, как ВНИИФТРИ, Харьковский Институт Мер и Измерительных Приборов (ХИМ и ИП). Для Службы времени ЛГУ достаточно иметь несколько хороших кварцевых часов и высококачественный прием сигналов точного времени. Таким путем может быть обеспечена связь астрономических определений с наилучшими хранителями времени мира. Имеющиеся в данный момент одни кварцевые часы не удовлетворяют нуждам обсерватории. Предполагается, что строящиеся в мастерской обсерватории двое кварцевых часов дополнят число хороших астрономических часов до требуемого уровня.

Относительно астрономического определения времени, задача в ближайшие годы — достигнуть точности наилучших служб времени мира. По сути дела, эта серьезная задача, с которой до сих пор справилась лишь Служба времени Пулковской обсерватории.

Учитывая ограниченные технические возможности Астрономической обсерватории ЛГУ и то обстоятельство, что из-за облачности в условиях Риги не редки длительные разрывы в наблюдениях, в последнее время большое внимание уделяется теоретическим исследованиям. Астрономическая обсерватория ЛГУ уже имеет некоторый опыт. Так по теории захвата комет К. Штейном были успешно выяснены следующие вопросы:

1) Показано, что теоретическое распределение элементов комет соответствует наблюдаемому, если учитываются дезинтеграция комет и условия открытия комет.

2) Объяснено возникновение комет с почти круговыми орбитами.

3) Разработана теория диффузии комет.

4) Объяснено отношение количества параболических и короткопериодических комет.

Успешное проведение исследований по небесной механике дало возможность коллективу обсерватории взять на себя разработку темы «Влияние метеорологических факторов на неравномерность вращения Земли».

§ 4. Как было отмечено выше, подготовка местных кадров по астрономии проводилась в первые послевоенные годы. Если по специализациям звездной астрономии и небесной механики это было выполнено более или менее успешно, то обучению по астрометрии не уделялось достаточное внимание. Так, например, в течение 1944—1950 г.г. астрометрия читалась несистематически в виде вводных лекций. Специализирующиеся

по астрометрии основные навыки получали на производственных практиках.

Недостаток опытных наблюдателей был особенно ошутим в 1957 году, когда в связи с началом МГГ программа наблюдений была значительно расширена. Первое время вся тяжесть работы ложилась на старых работников, пока вновь привлеченные сотрудники не стали полноценными наблюдателями. Надо признать, что недостаточная опытность работников обсерватории, особенно по радиотехнике, наложила свой отпечаток на работу по программе МГГ. Именно этим объясняются изменения систем определения точного времени во время МГГ и МГС.

Для повышения квалификации сотрудников еженедельно в обсерватории состоялись семинары, где были рассмотрены работы по астрометрии и радиотехнике, теория вращения Земли и отдельные вопросы математики. Руководителем семинаров был канд. физико-математических наук К. Штейнс.

С целью повышения квалификации сотрудники обсерватории были командированы в Москву и Ленинград. Особенно большую помощь оказали службы времени ВНИИФТРИ, ГАИШ и Пулковской обсерватории.

Согласно плану развития астрономии в ЛГУ большое внимание уделялось теоретическим вопросам, особенно по теории вращения Земли. Предвидено изучать влияние метеорологических факторов на равномерность вращения Земли (Э. Каупуша и Л. Розе). Планируются исследования, связанные с ежедневной работой службы времени (Я. Клетниекс). Изучаются возможности повышения точности наблюдения ИСЗ (М. Абеле). Проводится работа по математическим методам изучения движения ИСЗ (М. Пудане). Изучаются также отдельные чисто математические вопросы, применение которых необходимо в астрономии (С. Стуре).

Личный состав Астрономической обсерватории ЛГУ на 1 мая 1960 г.: научный руководитель, канд. физ.-мат. наук К. А. Штейнс; научные сотрудники — Я. М. Клетниекс, С. Я. Стуре, М. П. Пудане, М. К. Абеле; аспиранты — Э. Я. Каупуша, Л. Ф. Розе; ст. лаборанты — хронометрист Э. К. Витолс, инж. К. А. Цирулис; зав. хоз. части — лаб. Х. А. Росток; лаборанты — С. К. Плауде, И. В. Дицис, А. С. Ковалевскис.

Станция наблюдений ИСЗ: начальник — ст. преп. В. В. Шмелинг, ст. преп. Э. Я. Забловскис, научн. сотр. Я. Э. Валбис, лаб. К. К. Лапушка и Ю. Л. Францманис.

Курс основ астрономии ведет ст. преподаватель З. П. Кауляния.

KOPSAVILKUMS

**K. Šteins. Pēterā Stučkā Latvijas Valsts Universitātes
Astronómiskās Observatorijas darbība (1944. g.—1960. g.).**

Astronómiskās observatorijas darbību attiecīgā laikā var sadalīt trīs posmos. No 1944. g.—1951. g. galvenā vērība tika veltīta jaunu speciālistu gatavošanai zvaigžņu astronomijā un debess mehānikā. Tika strādāts pie problēmām, kas vēlāk izveidoja zinātniskā darbā pamatus LPSR ZA Astronómijas sektoram. No 1951. g.—1956. gadam tika izveidots Laika dienests, kas ieslēdzās Vissavienības Laika dienestu tīklā. Beidzamā posmā, kas turpinās arī tagad, observatorija piedalās SGG programmas realizēšanā. Laika dienests ieguvis jaunu modernu aparāturu un uzsācis celtniecības darbus. Iegūts kvarca pulksteņis, fotoelektriskais pašāzinstruments, uzcelts jauns moderns novērošanas paviljons utt. Izveidota ZMP optiskā novērošanas stacija.

SUMMARY

**K. Steins. Report of the Astronomical Observatory of Peteris
Stučka Latvian State University (1944.—1960.).**

The activity of the astronomical observatory during this time may be divided into three periods. From the period 1944 to 1951 mainly attention was devoted to the training of new specialists in stellar astronomy and in celestial mechanics. Problems were dealt with which later on formed the basis of the scientific work in the astronomical sector at the Academy of sciences of the Latvian SSR. During 1951 to 1956 the Time service was formed and it joined the system of Time service in the Soviet Union. Now the observatory takes part in the realization of the program of the IGY. The Time service is equipped with modern instruments: a quartz clock, a photoelectrical transitinstrument, etc. A new modern observation pavilion has been built and an AES optical observation station has been set up there.

СОДЕРЖАНИЕ

К. А. Штейнс и Л. Ф. Розе — К вопросу об оценке точности поправок часов	5 ✓
Ю. А. Скрин и К. А. Цирулис — Устройство для осциллографического сравнения кварцевых часов с ра- диосигналами времени	21 ✓
Ю. А. Скрин и К. А. Штейнс — К вопросу о ра- боте фотоэлектрической установки с печатающим хроно- графом 21-П	29 ✓
М. К. Абеле — Преобразователь средней частоты в звездную	37 ✓
Я. М. Клетникс — Приведение данных опреде- лений времени с 1 VIII 1957 г. по 31 XII 1959 г. к основ- ной системе	41 ✓
К. А. Штейнс — Об основных вопросах теории за- хвата комет	69 ✓
Л. Э. Рейзинь и С. Я. Стуре — Существование и асимптотика решения одного вырождающегося пара- болического уравнения	85 ✓
К. А. Штейнс — Деятельность Астрономической Обсерватории Латвийского Государственного Универси- тета с 1944—1960 г.	107 J

CONTENTS

K. Steins and L. Roze. On the estimation of precision for the calculation of the clock correction	5
J. Skrins and K. Cirulis. Device for osciloscopic comparison of quartz clock readings and time radiosignals	21
J. Skrins and K. Steins. On the use of a photoelectric device with the printing chronograph 21 — P.	29
M. Abele. A mean time frequency transformer on stellar time frequency	37
J. Klētnieks. Reduction of the data of time determination to the principal system in the period 1957 august 1 — 1959 december 31.	41
K. Steins. Principal problems of the capture theory of comets	69
L. Reiziņš and S. Stūre. Existence and asymptotical behavior of the solution of a certain degenerate parabolic equation	85
P. Steins. Report of the Astronomical Observatory of Pēteris Stučka Latvian State University (1944—1960)	107

Parakstīta iespiešanai 1960. g. 26. decembrī.
Papīra formāts 60×92 1/16. 8 fiz. iespied-
loksnes, 8 uzskaites iespiedloksnes. Metiens
550 eks.

PĒTERA STUCKAS
LATVIJAS VALSTS UNIVERSITĀTE

Iespiesta Latvijas PSR Kultūras ministrijas
Poligrafiskās rūpniecības pārvaldes tipogra-
fijā Nr. 1 «Cīņa», Blaumaņa ielā 38/40, Pasūt.
Nr. 3078-n.

44/5827

40 kap.

LATVIJAS UNIVERSITĀTES BIBLIOTĒKA



0509052721