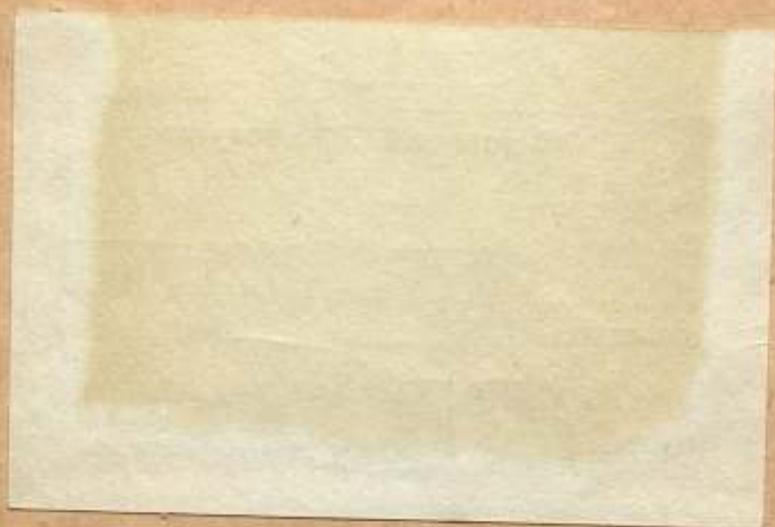
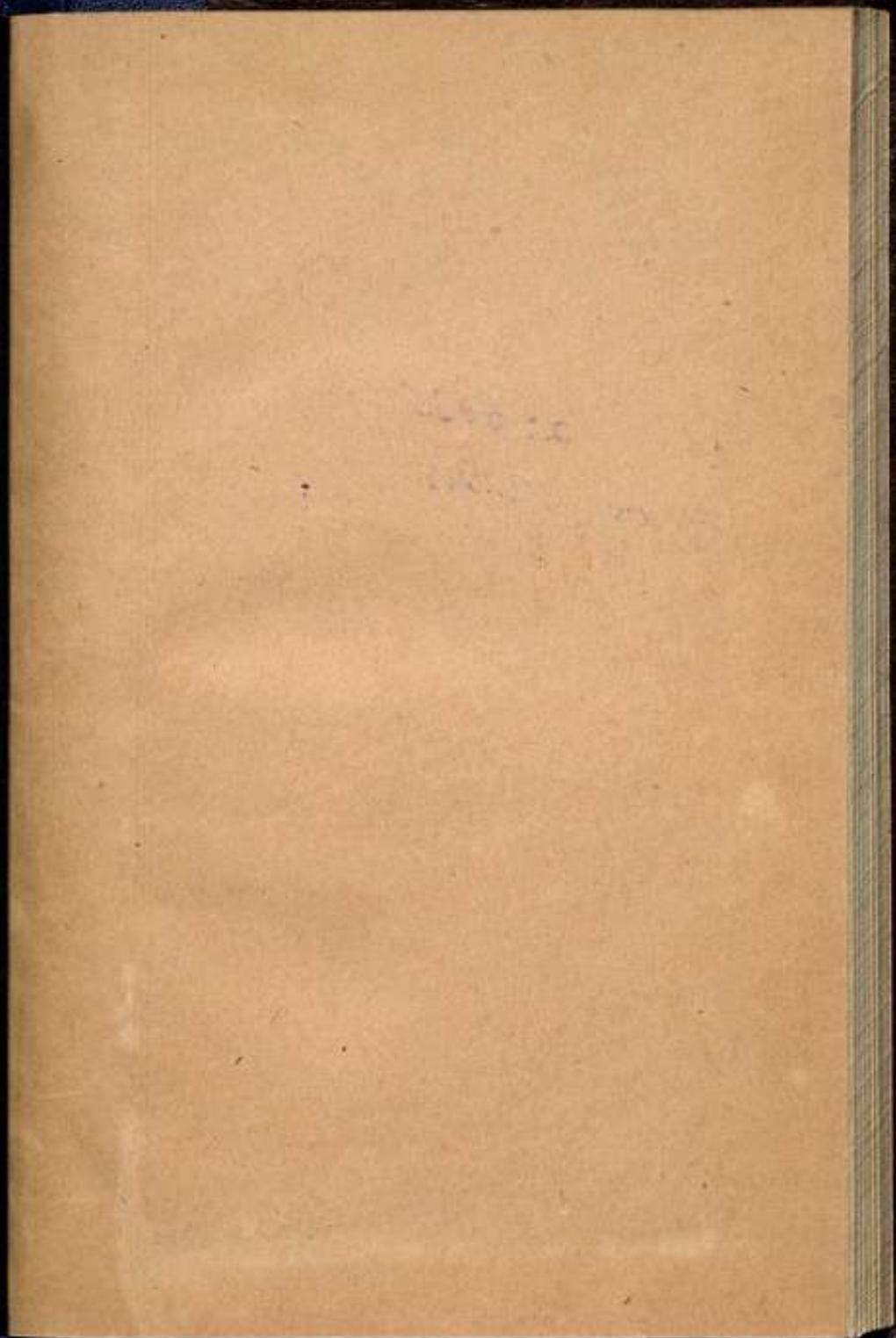


Определение долгот и  
измерение времени  
1936г.







ВНИИМ

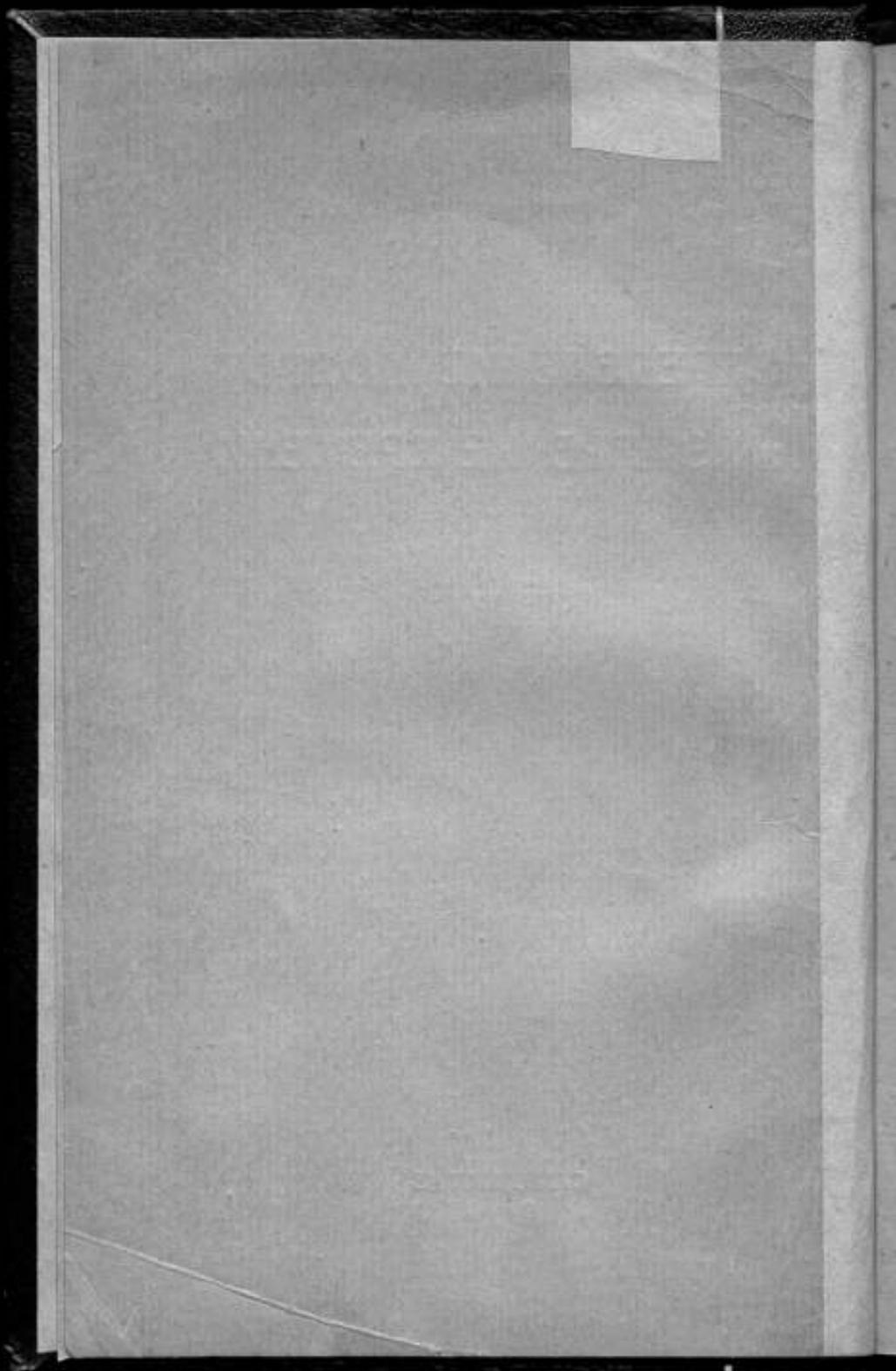
Метри

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЛГОТ  
и ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ



СК  
9)

СТАНДАРТГИЗ  
1 9 3 6





DÉTERMINATION DES LONGI-  
TUDES ET MESURE DU TEMPS

Rédacteur  
prof. *A. A. Ivanof*

ÉDITION DE L'ÉTAT POUR LA STANDARDISATIO  
„STANDARTGUIZ“

LENINGRAD

1936

MOSCO

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЛГОТ И ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ

Под редакцией  
проф. А. А. Иванова



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ  
„СТАНДАРТГИЗ“

ЛЕНИНГРАД

1936

МОСКВА

Главн. редактор изд-ва *М. И. Гиттерман*  
Ответств. редактор *С. З. Снарский*      Технич. редактор *Р. Н. Коп*

Сдано в набор 9/1-36 г.    Подписано к печати 19/IV-36 г.    Формат бум. 6  
Учет. авт. л. 10,78.    Объем 8<sup>1</sup>/<sub>2</sub> п. л.    Индекс М-4-3-9.    В 1 бум. л. 6  
Ленгортит № 8058.    Изд. № 20-Л.    Заказ № 74.    Тираж 150

Типография „Коминтерн“ и школа ФЗУ им. КИМ'а. Ленинград. Красна

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Практические результаты, даваемые службой времени лаборатории времени Всесоюзного научно-исследовательского института метрологии, с одной стороны, широко известны в нашем крае, с другой стороны наша лаборатория времени является активной участницей международной службы времени, проводя работу по систематическому приему ритмических радиосигналов времени и опубликованию полученных моментов. С вопросами службы времени тесно связаны вопросы долготных определений. Первые четыре статьи настоящего сборника затрагивают вопросы теории и практики определения долгот и измерения времени и имеют весьма актуальное значение. В статье Н. Х. Прейпича и Б. И. Рака „Определение разности долгот Пулково—Ленинград (ВНИИМ) по радиотелеграфу“ это определение проведено на типичном примере первоклассных работ такого рода, и важную особенность этой работы является двукратный обмен наблюдателями и инструментами местами. В результате искомая разность долгот определена с большой точностью и дает связь двух основных служб времени СССР (Пулково и ВНИИМ). По общему же значению материала эта статья должна представлять большой интерес для астрономов и геодезистов.

Эта статья является ведущей в настоящем сборнике и к ней естественно примыкают три следующие статьи. Из них статья Н. Х. Прейпича и Б. А. Орлова „Теория и устройство компараторов Опольцера и Прейпича-Барановского при измерениях хронограмм“ дает описание устройства и употребления нового компаратора Прейпича-Барановского, свободного от систематических ошибок, присущих старым компараторам Опольцера. Важность этой статьи для вопросов точных измерений времени и долгот вполне очевидна, и она рассчитана на самый широкий круг читателей, как и первая статья.

Статья В. Л. Лассана „Автоматический приемник для приема радиосигналов времени“ описывает приемник, сконструированный сотрудниками лаборатории времени ВНИИМ и давший весьма удовлетворительные результаты в практике лаборатории, чем определяется актуальность этой статьи для вопросов службы времени.

Статья Н. Х. Прейпича „О средних ошибках численных значений функций, интерполированных из таблиц“, не давая принципиально новых выводов, в наглядной форме лишней раз подчер-

кивает и разбирает этот вопрос, весьма важный для всякого  
числителя и в частности для всякого работника службы вре  
В круг работ лаборатории времени ВНИИМ, помимо  
связанных с непосредственным измерением времени, включ  
также испытания различных приборов, служащих для измер  
угловой скорости или величин, ей пропорциональных. Эти  
тания имеют чрезвычайно актуальное значение для промыш  
ности и народного хозяйства, и лаборатория времени лишь с  
шим напряжением сил поспевает удовлетворять все зап  
которые поступают к ней в этой области. Статья И. В. Ю  
„Применение стробоскопических явлений для измерений угл  
скорости“ дает научные обоснования метода, употребляе  
лабораторией времени для испытания выше указанных прибо  
Это есть вторая обширная область работ лаборатории вре  
ВНИИМ, имеющая важные практические применения.

*А. Иванов*



ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗНОСТИ ДОЛГОТ ПУЛКОВО — ЛЕНИНГРАД  
(ВНИИМ) ПО РАДИОТЕЛЕГРАФУ

Н. Х. Прейпич и Б. И. Рак

§ 1. ВВЕДЕНИЕ

Необходимость точного знания долготы астрономической обсерватории Всесоюзного научно-исследовательского института метрологии настолько очевидна, что едва ли надо приводить какие-нибудь доказательства такой необходимости.

Достаточно упомянуть, что лаборатория времени ВНИИМ ее астрономической обсерваторией является активной участницей международной службы времени, занимая заметное место среди служб времени всего мира, и что ВНИИМ очень часто принимается за основной пункт при относительных гравиметрических наблюдениях на территории СССР.

Конечною целью должно служить определение долготы ВНИИМ относительно Гринича, но так как уже имеется точная долготная связь Главной астрономической обсерватории в Пулкове с Гриничем, то легче всего этой цели можно было достичь путем определения разности долгот ВНИИМ и Пулкова.

Мысль об определении этой разности долгот возникла еще в 1917—18 гг., но возможность к этому представилась лишь в 1924 г., когда эта работа и была исполнена при участии Главной астрономической обсерватории в Пулкове. Все звездные наблюдения и приемы радиосигналов были выполнены авторами этой статьи.

Попутно с выполнением основной задачи было обращено особое внимание на изучение характера и источников систематических ошибок, влияющих на определение времени вообще и на долготные определения в частности. Соответственно с этим постановка работы в некоторых деталях отличалась от обычно принятой.

Наконец в ходе нашей работы мы имели возможность выявить преимущества как односторонних, так и двусторонних определений долготы.

В настоящее время все наблюдения, относящиеся к решению указанной задачи, обработаны, и результаты этой обработки предлагаются вниманию читателей.

## § 2. ИНСТРУМЕНТЫ И МЕСТА ИХ УСТАНОВКИ

Для звездных наблюдений служили два пассажных инструмента Бамберга (Bamberg) с безличными микрометрами:

№ 8462, принадлежащий ВНИИМ и обозначаемый в дальнейшем буквою А,

и № 11675, предоставленный Астрономической обсерватории Ленинградского университета, называемый далее инструментом А'.

Оба инструмента почти одинаковы и характеризуются следующими круглыми числами:

|                               |          |
|-------------------------------|----------|
| диаметр объектива . . . . .   | 89—90 мм |
| фокусное расстояние . . . . . | 900 мм   |
| увеличение около . . . . .    | 120 раз. |

Во ВНИИМ инструменты устанавливались на столбе, обычно служащем для регулярных наблюдений службы времени; этот столб расположен в башне, на высоте 30 м от почвы. В Пулковской обсерватории в наше распоряжение был предоставлен западный столб южной обсерватории.

Для записи сигналов служили пишущие чернилами хронографы Гиппа (Hipp). Большой хронограф (А), употреблявшийся во ВНИИМ имел длину секунды в 34 мм и сопротивление электромагнитов около 75 Ω. Хронограф (А'), стоявший в Пулковской обсерватории, был обычных размеров; его длина секунды 28 мм, а сопротивление электромагнитов — 25 Ω.

Как во ВНИИМ, так и в Пулковской обсерватории хронографы находились рядом с наблюдателями, а стояли в совершенно других помещениях: во ВНИИМ — в главном здании в одной из комнат лаборатории времени, а в Пулковской — в хронометрической комнате, рядом с круглым залом обсерватории. За хронографами следили специальные помощники наблюдателей, которые одновременно с этим подготавливали ленту для измерений. Этими помощниками были: во ВНИИМ — старший научный сотрудник Г. Н. Мокеев, а в Пулковской — астрономы Г. А. Шайн и П. Ф. Шайн.

Ведущими часами во ВНИИМ служили часы Рифлера (Riefler) № 67 (в дальнейшем принято обозначение 67R\*), а в Пулковской обсерватории — часы Рифлера № 352 (352R\*). Первые часы работали непосредственно, а вторые — через поляризованное реле Сименса (Siemens) в Гальске.

Радиотелеграфная установка во ВНИИМ состояла из приемника морского ведомства типа П. Б. 1916 г. № 37 и усилителя притера работы треста слабых токов. Приборы находились в помещении лаборатории времени.

В Пулковской обсерватории применялся приемник того же типа, как и предыдущий с усилителем образца 1920 г., изготовленным 2-й радиотехнической базой. Эти приборы были предоставлены в наше распоряжение

Пулковской обсерваторией. Они были установлены в уже упоминавшейся хронометрической комнате.

Прием радиосигналов производился по методу Кука, видоизмененному Н. Х. Прейпичем. Для приема мы пользовались звездными контактными хронометрами № 674 и № 82 фирмы Нардэн (Nardin).

### § 3. ПОСТОЯННЫЕ ПАССАЖНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

Цена деления  $\tau$  каждого из уровней была определена на экзаменаторе S. I. P. Genève лаборантом О. К. Блумберг. Результаты этих определений представлены в табл. I.

Таблица I—Tableau I  
Цена делений уровней—Valeur des divisions des niveaux

| Инструмент А—Instrument A                         |                        |                        | Инструмент А'—Instrument A'                       |                        |                        |
|---|------------------------|------------------------|---|------------------------|------------------------|
| Длина пузырька в делениях уровня                  | До наблюдений          | После наблюдений       | Длина пузырька в делениях уровня                  | До наблюдений          | После наблюдений       |
| Longueur de la bulle d'air en divisions du niveau | Avant les observations | Après les observations | Longueur de la bulle d'air en divisions du niveau | Avant les observations | Après les observations |
| 22  | 0,0793                 | —                      | 48  | 0,0657                 | 0,0666                 |
| 30  | 0,0790                 | 0,0770                 | 57  | 0,0651                 | 0,0666                 |
| 48  | 0,0779                 | 0,0755                 | 68  | 0,0663                 | 0,0653                 |
| 58  | 0,0764                 | 0,0736                 |   |                        |                        |
| Температура<br>Température                        | +16,6°C                | +16,3°C                |   | +15,6°C                | +16,2°C                |

В уровне А заметно различие в цене деления  $\tau$  в зависимости от длины пузырька, а также уменьшение  $\tau$  к концу наблюдений. Так как длина пузырька, имевшая место во время звездных наблюдений, была близка к наибольшей из длин, при которых производилось исследование уровня, то для обработки было принято  $\tau = 0,0750$ .

Для уровня А' можно было непосредственно взять среднее из всех определений, так как влияния длины пузырька не заметно. Таким образом здесь было принято  $\tau = 0,0660$ .

Цена одного оборота винта безличного микрометра была определена из наблюдений близполюсных звезд ( $\delta > 80^\circ$ ). В табл. II

собраны полученные результаты, разбитые на четыре группы  
сообразно с отдельными периодами работы (см. § 6).

Таблица II—Tableau II

Цена одного оборота винта микрометра — Valeur d'un tour du vis du micromètre

| Период<br>Période | Инструмент А — Instrument A             |                                  |              | Инструмент А' — Instrument A' |  |     |
|-------------------|---|----------------------------------|--------------|-------------------------------|--|-----|
|                   | Наблюдатель <sup>1</sup><br>Observateur | Цена оборота<br>Valeur d'un tour | Вес<br>Poids | Наблюдатель<br>Observateur    | Цена оборо-<br>та<br>Valeur d'un<br>tour | Вес |
| I                 | Рак — R . . .                           | 7,589                            | 2            | Прейрич — P .                 | 7,570                                    | 1   |
| II                | Прейрич — P .                           | 7,580                            | 1            | Рак — R . . .                 | 7,542                                    | 1   |
| III               | Рак — R . . .                           | 7,589                            | 1            | Прейрич — P .                 | 7,564                                    | 2   |
| IV                | Прейрич — P .                           | 7,582                            | 1            | Рак — R . . .                 | 7,559                                    | 1   |
|                   | Среднее<br>Moyenne } . . .              | 7,586                            | 5            | Среднее<br>Moyenne } . . .    | 7,560                                    | 5   |

Весы назначены, главным образом, в зависимости от чис-  
ла звезд. Так как цена оборота употреблялась только при обработке  
наблюдений звезд времени для их редукции за половину ширины  
контакта, то были приняты следующие округленные значения:

для инструмента А . . . . . 7,59  
для инструмента А' . . . . . 7,56.

Определение ширины контакта  $k$  было проведено двойным  
путем. Один из них, обычный, состоял в том, что по барабану  
микрометра делались отсчеты, соответствующие началу и концу  
контакта. По другому методу ширина контакта находилась изме-  
рением на ленте хронографа длины сигналов близполюсных  
звезд.

Столбцы (II—I) табл. III дают разность между двумя способами  
выраженную в единицах четвертого знака.

В среднем имеем:

|                      | Прейрич — P | Рак — R  |
|----------------------|-------------|----------|
| Инструмент А: . . .  | +0,0039     | +0,0012  |
| Инструмент А': . . . | +0,0035     | +0,0028  |
| Средние: . . . . .   | +0,0037     | +0,0020. |

<sup>1</sup> В дальнейшем во многих случаях наблюдатели сокращенно обозначают  
буквами: Прейрич — P, Рак — R.

Таблица III — Tableau III  
Наблюденная ширина контакта — Erhebung observée du contact

| Инструмент А — Instrument A |                            |                    |                      | Инструмент А' — Instrument A' |          |              |                            |                    |                      |           |          |
|-----------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------|-------------------------------|----------|--------------|----------------------------|--------------------|----------------------|-----------|----------|
| Дата<br>Date                | Наблюдатель<br>Observateur | I способ<br>I mode | II способ<br>II mode | II-I<br>P                     | I-I<br>R | Дата<br>Date | Наблюдатель<br>Observateur | I способ<br>I mode | II способ<br>II mode | II-I<br>P | I-I<br>R |
| 1924 г.                     |                            |                    |                      |                               |          | 1924 г.      |                            |                    |                      |           |          |
| Июль 3                      | R                          | 0,0803             | 0,0800               |                               | -3       | Июль 7       | P                          | 0,0854             | 0,0910               | +46       |          |
| Июлет 8                     | R                          | 0,0832             | 0,0825               |                               | -7       | Июлет 11     | P                          | 0,0886             | 0,0940               | +54       |          |
| 22                          | P                          | 0,0822             | 0,0930               | +108                          |          | 22           | R                          | 0,0500             | 0,0920               |           | +20      |
| Авг. 1                      | R                          | 0,0887             | 0,0870               |                               | -17      | 29           | P                          | 0,0919             | 0,0980               | +61       |          |
| Аюлет 5                     | P                          | 0,0898             | —                    |                               |          | 31           | P                          | 0,0949             | 0,0940               | -9        |          |
| 17                          | P                          | 0,0895             | 0,0950               | +54                           |          | Авг. 16      | R                          | 0,0503             | 0,0950               |           | +47      |
| 18                          | P                          | 0,0893             | 0,0910               | +17                           |          | Аюлет 17     | R                          | 0,0916             | 0,0920               |           | +4       |
| 31                          | P                          | 0,0902             | 0,0880               | -22                           |          | 26           | R                          | 0,0907             | 0,0946               |           | +39      |
| 31                          | R                          | 0,0879             | 0,0955               |                               | +77      | 27           | P                          | 0,0900             | 0,0952               | +22       |          |

Так как оба способа, повидимому, не свободны от систематических ошибок, то было решено все определения свести к одной средней системе. Все наблюдаемые значения ширины контакта были для этого нанесены на графики, а затем проведены сглаживающие кривые, изображающие ширины контактов данных двух микрометров в виде функции времени.

Принятые для обработки значения  $\frac{1}{2}k$  даны в табл. IV.

Таблица IV—Tableau IV

Принятая половинная ширина контакта — La demi-épaisseur du contact admise

| Инструмент А — Instrument A | Инструмент А' — Instrument A' |
|-----------------------------|-------------------------------|
| 1924 г.                     | 1924 г.                       |
| 27 июня — 10 июля 0,0420    | 27 июня 0,0420                |
| 11 июля — 13 „ 0,0430       | 30 „ 0,0425                   |
| 16 „ — 22 „ 0,0455          | 1 июля 0,0430                 |
| 24 „ — 26 „ 0,0435          | 2 „ 0,0435                    |
| 27 „ — 29 „ 0,0430          | 6 июля — 13 июля 0,0450       |
| 30 „ — 31 „ 0,0435          | 16 „ — 22 „ 0,0450            |
| 4 авг. — 18 авг. 0,0460     | 24 „ — 31 „ 0,0470            |
| 30 „ — 31 „ 0,0455          | 5 авг. — 18 авг. 0,0460       |
|                             | 25 „ — 27 „ 0,0470            |

Что касается мертвого хода обоих микрометров, то им оказалось возможным пренебречь, так как сделанные определения привели к числам, не имеющим реального значения.

#### § 4. СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Во ВНИИМ на время долготных наблюдений была сохранена без изменений обычная схема включения хронографа А, описанная в 13-м выпуске „Временника“ (см. литературу, 1). Можно только добавить, что цепь микрометра работала при силе тока в 135 миллиампер.

Для управления хронографом А', находившимся все время в Пулкове, была собрана небольшая распределительная доска. Она была построена по принципу отдельных цепей каждого электромагнита хронографа. Схема всей установки дается на рис. 1.

Цепь первого или нижнего пера, т. е. пера более удаленного от корпуса хронографа, составляют: электромагнит хронографа  $Ch_1$ , аккумуляторная батарея из трех элементов  $B_1$ , штепсельная розетка 1 и выключатель 2.

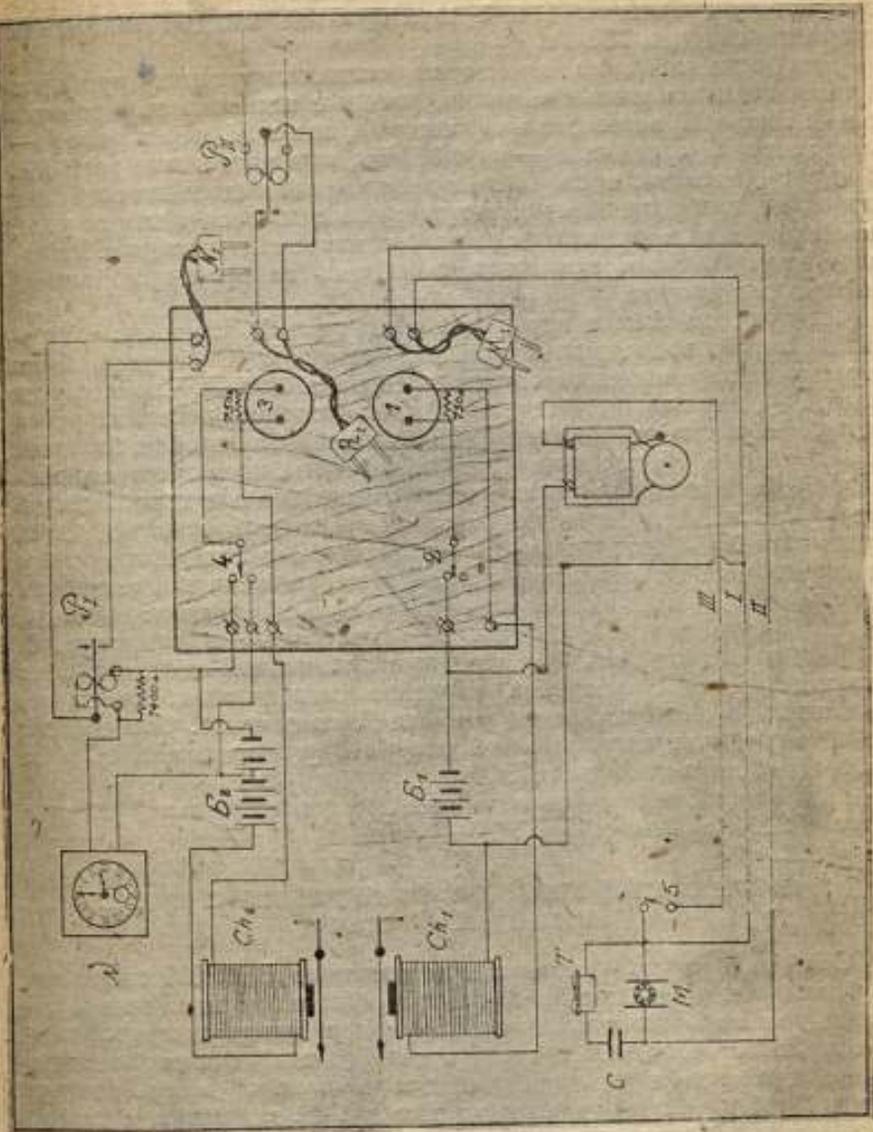


Рис. 1

Цепь второго пера образуют: электромагнит  $Ch_2$ , аккумуляторная батарея из пяти элементов  $B_2$ , штепсельная розетка 3 и переключатель 4, позволяющий включить либо три, либо пять элементов батареи. Розетки 1 и 3 шунтированы каждая омическим сопротивлением в 750  $\Omega$ .

Для включения на хронограф сигнализирующих приборов применялись штепсельные вилки, которые вставлялись в розетки 1 и 3. Вилка  $M_1$  включала микрометр  $M$ , вилка  $N_1$  через реле  $P_1$  — хронометр  $N$ , а вилка  $R_1$  — часы 352R, при посредстве реле  $P_2$ . В скором времени после начала работ была подведена еще одна вилка, не изображенная на рисунке; она включала одно из реле, помещавшихся в радиотелеграфной комнате обсерватории. Благодаря этому явилась возможность подать на хронограф любые часы обсерватории.

Источником тока в первичной цепи реле  $P_1$  служили четвертый и пятый элементы батареи  $B_2$ ; катушки этого реле были шунтированы омическим сопротивлением в 1400  $\Omega$ . Что касается реле  $P_2$ , то оно принадлежало к постоянной обсерваторской установке и его первичная цепь обслуживалась особой батареей обсерватории. Из хронометрической комнаты, где помещался хронограф, к пассажному инструменту были поданы три провода. Провода I и II служили для передачи сигналов от микрометра, дополнительный же провод III позволял наблюдателю посредством звонка извещать своего помощника о моменте пуска или остановки хронографа. В цепь звонка помимо провода III входили: провод I, общий с микрометром, батарея  $B_1$  и кнопочный выключатель 5.

Чтобы наблюдатель был уверен в правильном действии цепи микрометра, была устроена обратная сигнализация, по схеме, описанной в вышеуказанном выпуске „Временника“. Она состоит из приключенных параллельно к микрометру конденсатора  $C$  в две микрофаряды и телефона  $T$ .

Добавим, наконец, что цепь микрометра работала при силе тока в 240 миллиампер.

#### § 5. ИССЛЕДОВАНИЕ ХРОНОГРАФОВ И ОШИБКИ С МИНУТНЫМ ПЕРИОДОМ В ЧАСАХ

Сообразно с установившимся в практике ВНИИМ способом, при измерении ленты с наблюдениями близполюсных звезд, отсчеты делались как для начала, так и для конца каждого контакта. Эти отсчеты нельзя считать однородными, так как запаздывание хронографа неодинаково для замыкания и размыкания цепи. Поэтому были сделаны, частью в 1924 г., частью в 1925 г., специальные исследования хронографов с целью определить разность запаздываний сигналов замыкания и размыкания. Методика таких исследований изложена в статье Н. Прейпича „Об исключении систематических ошибок электромагнитных хронографов“, помещенной в 14-м выпуске „Временника Главной палаты“

м. литературу, 3). Оказалось, что при условиях звездных наблюдений, сигналы замыкания запаздывают относительно сигналов замыкания на такую величину:

|                |                  |                   |           |
|----------------|------------------|-------------------|-----------|
| для хронографа | $A$ на . . . . . | $0^{\circ},036$ . |           |
| "              | "                | $A'$ " . . . . .  | $0,006$ . |

Параллакс перьев хронографа  $A'$  определялся систематически при двух разных силах тока, одной соответствовавшей условиям наблюдений и другой, отличавшейся от нее. Полученные результаты отличались систематически: при увеличенной силе тока параллакс возрастал на  $0^{\circ},004$ . В табл. V даны: параллакс  $C_2$  при нормальных условиях работы микрометра, затем параллакс  $C_1$ , полученный при измененных условиях, но приведенный к норме введением поправки в  $-0^{\circ},004$ , и окончательный результат.

Для хронографа  $A$  параллакс перьев определялся при разных силах тока в немногих случаях. Здесь приведение оказалось главным  $-0^{\circ},002$ . Та же табл. V содержит параллакс и для хронографа  $A$ .

При изучении параллаксов было замечено, что они получаются несколько иными в случае употребления разных компараторов пальцера. Этот факт нашел себе объяснение в систематических ошибках приборов и должные поправки были введены.

По окончании обработки всех наблюдений было замечено, что омическое сопротивление в  $400 \Omega$ , которым была шунтирована во ВНИИМ цепь хронометра Найдэн № 674, оказывает влияние при сравнении его с часами  $67R^*$ . Специальные опыты показали, что в виду сравнительно малого отношения сопротивлений электромагнита хронографа  $A$  и шунта (1:5) присутствие шунта вызывало при сравнениях запаздывание сигналов хронометра на  $0^{\circ},012$ . Поэтому все моменты радиосигналов по  $67R^*$  требуют поправки в  $-0^{\circ},012$ . Это обстоятельство учтено нами в самом конце работы.

Переходим теперь к поправкам за минутный период часов для часов  $67R^*$  таблица поправок помещена во "Временнике", т. I (13), стр. 54; она употреблялась без всяких изменений.

Поправки за минутный период для пулковских часов  $24R^*$  и  $352R^*$  показаны в табл. VI. Одни столбцы этой таблицы, с заголовком "минутный период", дают те поправки, которые следует приписать к отсчетам по ленте, если одна из крайних нитей прибора пальцера устанавливается на ту или иную четную секунду. Другие столбцы дают сразу ту поправку, которую следует придать среднему из десяти отсчетов, опирающихся на десять последовательно убывающих четных секунд, например, от 20 до 2.

Минутный период часов  $24R^*$  получился из десяти сравнений с часами Дента (Dent) Пулковской обсерватории; средняя ошибка поправок оказалась равной  $\pm 0^{\circ},0022$ . Для часов  $352R^*$  было проделано тридцать сравнений с часами Дента и столько

Таблица V — Tableau V  
Параалакс перьев, в 0<sup>0</sup>,001 — Le décalage des plumes, en 0<sup>0</sup>,001

| Дата<br>Date | Хронограф А<br>Chronographe A |   | Хронограф А' — Chronographe A' |   |                 |   | Окончательный параалакс<br>Décalage définitif |
|--------------|-------------------------------|---|--------------------------------|---|-----------------|---|---|
|              | Параалакс<br>Décalage         | Число определений<br>Nombre de déterminations | $C_2$                          | Число определений<br>Nombre de déterminations | $C_1 - 0^0,004$ | Число определений<br>Nombre de déterminations |   |
| 1924 г.      |                               |   |                                |   |                 |   |   |
| Июнь 27      | -19                           | 2   | -                              | -   | +19             | 3   | +   |
| June 28      | -20                           | 2   | -                              | -   | -               | -   | -   |
| 30           | -19                           | 2   | -                              | -   | +15             | 5   | +   |
| Июль 1       | -12                           | 3   | -                              | -   | +12             | 4   | +   |
| Juillet 2    | -18                           | 2   | -                              | -   | +11             | 4   | +   |
| 6            | -16                           | 3   | -5                             | 4   | -4              | 5   | -   |
| 7            | -19                           | 3   | -3                             | 1   | -5              | 3   | -   |
| 8            | -19                           | 3   | 0                              | 2   | -5              | 3   | -   |
| 9            | -19                           | 3   | -4                             | 3   | -6              | 4   | -   |
| 10           | -17                           | 4   | -8                             | 4   | -8              | 4   | -   |
| 11           | -17                           | 3   | +6                             | 4   | +6              | 4   | +   |
| 12           | -15                           | 3   | -2                             | 1   | -1              | 3   | -   |
| 13           | -27                           | 3   | -6                             | 4   | -9              | 4   | -   |
| 16           | -27                           | 6   | -11                            | 6   | -10             | 4   | -   |
| 17           | -27                           | 6   | -12                            | 5   | -16             | 4   | -   |
| 18           | -27                           | 6   | -14                            | 5   | -15             | 6   | -   |
| 19           | -26                           | 6   | -12                            | 6   | -13             | 4   | -   |
| 20           | -25                           | 6   | -13                            | 6   | -11             | 4   | -   |
| 21           | -26                           | 6   | -6                             | 6   | -5              | 4   | -   |
| 22           | -26                           | 6   | -7                             | 6   | -6              | 4   | -   |

Таблица V (окончание) — Tableau V (fin)

| Дата<br>Date | Хронограф A<br>Chronographe A |   | Хронограф—A' Chronographe A' |   |                       |   |  |
|--------------|-------------------------------|---|------------------------------|---|-----------------------|---|--|
|              | Параллак<br>Décalage          | Число опреде-<br>лений<br>Nombre de déter-<br>minations | $C_2$                        | Число опреде-<br>лений<br>Nombre de déter-<br>minations | $C_1 - 0^{\circ},004$ | Число опреде-<br>лений<br>Nombre de déter-<br>minations | Оконча-<br>тельный парал-<br>лак<br>Décalage définitif |
| 1924 г.      |                               |   |                              |   |                       |   |  |
| июль 24      | -26                           | 6   | -11                          | 5   | -7                    | 3   | -10  |
| юлиет 25     | -26                           | 6   | -8                           | 5   | -7                    | 4   | -8   |
| 26           | -26                           | 6   | -9                           | 5   | -8                    | 4   | -9   |
| 27           | -25                           | 6   | -10                          | 6   | -8                    | 4   | -9   |
| 28           | -25                           | 6   | -10                          | 5   | -9                    | 3   | -10  |
| 29           | -25                           | 6   | -1                           | 6   | +1                    | 4   | 0  |
| 30           | -27                           | 6   | 0                            | 6   | +3                    | 4   | +1   |
| 31           | -28                           | 6   | -23                          | 6   | -20                   | 4   | -22  |
| авг. 4       | -30                           | 1   | -20                          | 6   | -15                   | 1   | -19  |
| август 5     | -28                           | 4   | -                            | -   | -                     | -   | -  |
| 12           | -26                           | 4   | -20                          | 7   | -17                   | 1   | -20  |
| 13           | -27                           | 4   | -19                          | 7   | -20                   | 1   | -19  |
| 14           | -27                           | 4   | -19                          | 7   | -19                   | 1   | -19  |
| 15           | -30                           | 4   | -9                           | 7   | -9                    | 2   | -9   |
| 16           | -28                           | 4   | -14                          | 7   | -12                   | 2   | -14  |
| 17           | -28                           | 4   | -10                          | 8   | -12                   | 2   | -10  |
| 18           | -28                           | 4   | 0                            | 8   | -2                    | 2   | 0  |

е с хронометром Нардэн № 82. Точность определения в пер-  
 ом случае характеризуется средней ошибкой  $\pm 0^{\circ},0012$ , а во вто-  
 ом  $\pm 0^{\circ},0013$ ; средние результаты получились с ошибкой  $\pm 0^{\circ},0009$ .  
 Добавим в заключение, что все данные табл. VI относятся  
 сигналам размыкания и что они применялись только при об-  
 работке сличений часов и хронометра.

Таблица VI—Tableau VI

Поправки секунд часов 24R\* и 352R\* за минутный период, в 0<sup>е</sup>.  
 Corrections des secondes des pendules 24R\* et 352R\* d'une période  
 minute, en 0<sup>e</sup>,001

| Номера секунда<br>Numéros des secondes | Минутный период<br>24R*<br>Corrections des secondes<br>24R* | Поправки 10 сигналь-<br>ных отсчетов по 24R*<br>Corrections de la moy-<br>enne de 10 lectures<br>faites sur 24R* | Минутный период 352R*                        |  |                    | Поправки 10 сигналь-<br>ных отсчетов по 352R*<br>Corrections de la moyenne<br>des 10 lectures |
|--|---|--|--|--|--------------------|---|
|  |   |  | По хронометру<br>D'après le chrono-<br>mètre | По часам<br>Dent<br>D'après la pendule<br>Dent | Среднее<br>Moyenne |   |
| 0                                      | -2  | -4   | +16  | +15  | +16                | +1  |
| 2                                      | -3  | -4   | +2   | 0  | +1                 | +1  |
| 4                                      | -3  | -3   | +5   | 0  | +3                 | +1  |
| 6                                      | 0   | -4   | +8   | +10  | +9                 | +1  |
| 8                                      | -3  | -4   | 0  | +1   | +1                 | +1  |
| 10                                     | -3  | -3   | +10  | +9   | +9                 | +1  |
| 12                                     | 0   | -2   | +7   | +9   | +8                 | +1  |
| 14                                     | +4  | -2   | +3   | +7   | +5                 | +1  |
| 16                                     | -1  | -1   | -6   | -6   | -6                 | +1  |
| 18                                     | +5  | 0  | -6   | -5   | -6                 | +1  |
| 20                                     | +4  | +1   | -8   | -7   | -8                 | +1  |
| 22                                     | +4  | +2   | -6   | -2   | -4                 | +1  |
| 24                                     | +6  | +2   | -10  | -7   | -9                 | +1  |
| 26                                     | +9  | +3   | -14  | -17  | -15                | -1  |
| 28                                     | +3  | +4   | -18  | -19  | -18                | -1  |
| 30                                     | +4  | +4   | -12  | -15  | -13                | -1  |
| 32                                     | +6  | +4   | -7   | -7   | -7                 | -1  |
| 34                                     | +3  | +5   | -2   | -9   | -6                 | -1  |
| 36                                     | +2  | +4   | -9   | -11  | -10                | -1  |
| 38                                     | +2  | +4   | -16  | -15  | -16                | -1  |
| 40                                     | -1  | +3   | 0  | -7   | -4                 | -1  |
| 42                                     | -2  | +2   | +1   | -2   | 0                  | -1  |
| 44                                     | -2  | +1   | -1   | +1   | 0                  | -1  |
| 46                                     | -6  | 0  | +9   | +17  | +13                | -1  |
| 48                                     | -2  | 0  | +10  | +10  | +10                | -1  |

Таблица VI (окончание) — Tableau VI (fin)

| Номера секунд<br>Numéros des secondes  | Минутный период<br>24R* | Corrections des secondes<br>24R* | Поправки 10 сигналь-<br>ных отсчетов по 24R*<br>Corrections de la moy-<br>enne de 10 lectures<br>faites sur 24R* | Минутный период 352R*                        |  |                    | Поправки 10 сигналь-<br>ных отсчетов по 352R*<br>Corrections de la moyenne<br>de 10 lectures faites sur<br>352R* |
|--|-------------------------|----------------------------------|--|--|--|--------------------|--|
|  |                         |                                  |  | По хронометру<br>D'après le chrono-<br>mètre | По часам<br>Дент<br>D'après la pendule<br>Dent | Среднее<br>Мoyenne |  |
| 50                                     | +1                      | -1                               | +10  | +6   | +8   | -1                 |  |
| 52                                     | -6                      | -2                               | +12  | +14  | +13  | +1                 |  |
| 54                                     | -5                      | -3                               | +10  | +12  | +11  | +3                 |  |
| 56                                     | -6                      | -4                               | +12  | +17  | +15  | +5                 |  |
| 58                                     | -8                      | -4                               |  | -  | +15  | +8                 |  |
| средние<br>шибки<br>теплов<br>мoyenne* | ±0 <sup>с</sup> ,0022   |                                  | ±0 <sup>с</sup> ,0013  | ±0 <sup>с</sup> ,0012                        | ±0 <sup>с</sup> ,0009                          |                    |  |

## § 6. ПРОГРАММА НАБЛЮДЕНИЙ

В виду исключительно благоприятной погоды намеченный план работ удалось осуществить полностью. Все наблюдения были разбиты на четыре части. По окончании первой четверти происходила смена наблюдателей, но инструменты оставались на местах; после второй четверти перевозились инструменты, после третьей происходила вторичная смена наблюдателей.

Таблица VII — Tableau VII

Схема работы — Schème du travail

| Четверть<br>Période | ВНИИМ<br>Institut de Métrologie (I. M.) |                          | Пулково<br>Poulkovo        |                          |
|---------------------|---|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
|                     | Наблюдатель<br>Observateur              | Инструмент<br>Instrument | Наблюдатель<br>Observateur | Инструмент<br>Instrument |
| I                   | Рак—R                                   | A                        | Прейпич—P                  | A'                       |
| II                  | Прейпич—P                               | A                        | Рак—R                      | A'                       |
| III                 | Прейпич—P                               | A'                       | Рак—R                      | A                        |
| IV                  | Рак—R                                   | A'                       | Прейпич—P                  | A                        |

## Таблица VIII—Tableau VIII

## Список звезд — Liste des étoiles

| № по списку<br>N° d'après la liste | Номер по источ-<br>нику<br>N° d'après la<br>source | Название<br>Nom           | Величина<br>Grandeur | $\alpha$ 1924,0                                      | $\delta$ 1924,0 |    |
|------------------------------------|--|---------------------------|----------------------|--|-----------------|----|
| 11                                 | 4072   | Gr. 2296                  | 5,1                  | 15 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> 59 <sup>s</sup> ,067 | 54°57',8        | -0 |
| 12                                 | 4090   | $\Theta$ Draconis         | 4,1                  | 16 0 27,761  | 58 46,1         | -0 |
| 13                                 | 957  | Gr. 766 s. p.             | 5,6                  | 4 10 25,26   | 83 37,7         | -0 |
| 14                                 | 4162   | $\tau$ Herculis           | 3,8                  | 16 17 27,308   | 46 29,6         | -0 |
| 15                                 | 4192   | $\gamma$ Draconis         | 2,7                  | 16 22 57,503   | 61 41,2         | -0 |
| 16                                 | 4221   | Pl. 16 <sup>b</sup> ,140  | 6,0                  | 16 31 20,931   | 60 58,9         | +0 |
| 17                                 | 4240   | Gr. 2359                  | 5,5                  | 16 36 28,046   | 56 9,8          | -0 |
| 18                                 | 4270   | Gr. 2377                  | 5,0                  | 16 43 51,211   | 56 55,0         | +0 |
| 19                                 | 4327   | $\alpha$ Ursae min.       | 4,5                  | 16 53 41,83  | 82 9,9          | +0 |
| 20                                 | 5413 <i>A<sub>m</sub></i>                          | BD 60°,1728               | 6,3                  | 17 0 19, ...   | 60 45,3         |    |
| 21                                 | 5449 <i>A<sub>m</sub></i>                          | BD 52°,2032               | 6,5                  | 17 8 46, ...   | 52 30,1         |    |
| 22                                 | 4396   | Gr. 2433                  | 6,7                  | 17 15 33,966   | 60 45,0         | -0 |
| 23                                 | 4432   | Rd. 3714                  | 5,7                  | 17 24 42,343   | 60 6,7          | 0  |
| 24                                 | 4458   | $\nu$ Draconis            | 5,0                  | 17 30 40,711   | 55 14,1         | +0 |
| 25                                 | 1360   | Gr. 944 s. p.             | 6,5                  | 5 37 24,50   | 85 9,8          | +0 |
| 26                                 | 4511   | Br. 2243                  | 5,2                  | 17 47 15,340   | 50 47,9         | -0 |
| 27                                 | 4591   | $\delta$ Ursae min.       | 4,3                  | 17 56 44,96  | 86 36,8         | +0 |
| 28                                 | 4609   | Gr. 2527                  | 6,2                  | 18 8 58,186  | 54 15,8         | +0 |
| 29                                 | 4623   | Br. 2309                  | 5,1                  | 18 13 27,511   | 64 22,3         | +0 |
| 30                                 | 4671   | Br. 2328                  | 5,1                  | 18 22 48,055   | 58 45,4         | -0 |
| 31                                 | 4707   | Br. 2340                  | 5,0                  | 18 31 15,889   | 56 59,2         | -0 |
| 32                                 | 4730   | Pl. 18 <sup>b</sup> ,174  | 5,9                  | 18 36 52,512   | 62 27,4         | +0 |
| 33                                 | 4763   | Br. 2370                  | 6,4                  | 18 43 24,574   | 60 58,0         | -0 |
| 34                                 | 4790   | $\circ$ Draconis          | 4,8                  | 18 50 4,862  | 59 17,7         | +0 |
| 35                                 | 4822   | Br. 2400                  | 6,0                  | 18 55 27,957   | 57 42,8         | -0 |
| 36                                 | 1801   | 51 H. Cephei s. p.        | 5,4                  | 7 5 28,04  | 87 10,3         | -0 |
| 37                                 | 4907   | Br. 2444                  | 5,3                  | 19 12 33,820   | 57 34,4         | -0 |
| 38                                 | 6260 <i>A<sub>m</sub></i>                          | BD 57°,1986               | 6,0                  | 19 18 52, ...  | 57 30,1         | -0 |
| 39                                 | 1154 <i>P<sub>II</sub></i>                         | 6304 <i>A<sub>m</sub></i> | 6,5                  | 19 25 33,823   | 62 24,0         | -0 |

Таблица VIII (продолжение) — Tableau VIII (suite)

|                 | № d'après la liste<br>Номер по источ-<br>нику<br>№ d'après la<br>source | Название<br>Nom          | Величина<br>Grandeur | ° 1924,0     | δ 1924,0  | μ <sub>a</sub> |
|-----------------|---|--------------------------|----------------------|--------------|-----------|----------------|
| 40              | 6332A <sub>m</sub>  | BD 59° 2060              | 6,4                  | 19 31 59,... | 59° 59',5 | —              |
| 41              | 5026  | Gr. 2907                 | 6,0                  | 19 30 58,751 | 54 47,7   | +0,0052        |
| 42              | 6387A <sub>m</sub>  | BD 57° 2057              | 6,5                  | 19 41 45,... | 57 50,1   | +0,0164*       |
| 43              | 5075  | Br. 2542                 | 5,2                  | 19 48 43,312 | 52 47,7   | -0,0019        |
| 43 <sub>a</sub> | 6459A <sub>m</sub>  | BD 59° 2137              | 6,3                  | 19 52 14,... | 59 30,4   | —              |
| 44              | 2103  | Gr. 1359 s. p.           | 6,5                  | 7 58 57,10-  | 84 16,9   | -0,004-        |
| 45              | 5165  | Br. 2586                 | 5,7                  | 20 4 20,498  | 61 46,5   | +0,0177        |
| 45 <sub>a</sub> | 2160  | Gr. 1391 s. p.           | 6,4                  | 8 9 58,94-   | 82 40,2   | -0,002.        |
| 46              | 5194  | Br. 2615                 | 6,2                  | 20 12 3,986  | 60 24,5   | +0,0061        |
| 47              | 5225  | Br. 2628                 | 5,8                  | 20 18 20,738 | 62 1,0    | +0,0011        |
| 48              | 5250  | Gr. 3191                 | 6,7                  | 20 24 33,475 | 56 23,2   | +0,0027        |
| 49              | 5276  | Gr. 3221                 | 6,5                  | 20 29 55,101 | 56 31,3   | -0,0025        |
| 50              | 5324  | Rd. 4976                 | 6,4                  | 20 36 47,90- | 83 21,8   | +0,013-        |
| 51              | 5344  | Pl. 20 <sup>a</sup> .332 | 4,6                  | 20 43 27,975 | 57 18,4   | -0,0083        |
| 52              | 1238P <sub>a</sub>  | 6787A <sub>m</sub>       | 6,3                  | 20 47 57,492 | 63 45,5   | -0,0024*       |
| 53              | 5594  | Br. 2727                 | 6,3                  | 20 54 15,124 | 56 35,7   | +0,0011        |
| 54              | 2415  | Rd. 2218 s. p.           | 6,5                  | 8 59 46,27-  | 84 29,4   | +0,010-        |
| 55              | 5453  | Pl. 21 <sup>a</sup> .51  | 5,8                  | 21 9 52,172  | 59 40,4   | -0,0005        |
| 56              | 6931A <sub>m</sub>  | BD 53° 2588              | 6,3                  | 21 14 39,... | 53 49,6   | 0,000-*        |
| 57              | 6959A <sub>m</sub>  | BD 60° 2225              | 6,2                  | 21 18 37,... | 60 26,0   | —              |
| 58              | 2536  | IH.Draconis s.p.         | 4,6                  | 9 26 23,69-  | 81 39,9   | -0,004-        |
| 58 <sub>a</sub> | 6999A <sub>m</sub>  | BD 59° 2383              | 6,1                  | 21 25 19,... | 59 25,1   | +0,0002*       |
| 58 <sub>b</sub> | 5535  | Gr. 3489                 | 5,7                  | 21 28 54,062 | 60 7,4    | -0,0002        |
| 59              | 5563  | Br. 2830                 | 4,9                  | 21 35 52,945 | 61 44,3   | +0,0007        |
| 60              | 7082A <sub>m</sub>  | BD 58° 2314              | 6,2                  | 21 40 28,... | 58 55,3   | -0,0007*       |
| 61              | 5619  | Br. 2865                 | 6,7                  | 21 47 5,438  | 60 55,1   | +0,0002        |
| 62              | 7145A <sub>m</sub>  | BD 60° 2318              | 6,3                  | 21 53 4,...  | 61 10,9   | +0,0040*       |
| 63              | 5667  | Br. 2892                 | 5,6                  | 21 59 31,173 | 57 38,0   | -0,0008        |
| 64              | 5694  | Pl. 22 <sup>a</sup> .4   | 6,6                  | 22 4 35,826  | 58 28,2   | -0,0024        |
| 65              | 5727  | Rd. 5609                 | 5,7                  | 22 9 30,967  | 60 23,0   | -0,0013        |

Таблица VIII (окончание) — Tableau VIII (fin)

| № по списку<br>N° d'après la liste | Номер по источ-<br>нику<br>N° d'après la<br>source | Название<br>Nom           | Величина<br>Grandeur | <sup>a</sup> 1924,0                                  | <sup>b</sup> 1924,0 |
|------------------------------------|--|---------------------------|----------------------|--|---------------------|
| 66                                 | 5751   | Pt. 22 <sup>b</sup> .61   | 6,1                  | 22 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 41 <sup>s</sup> .726 | 55°50',4            |
| 67                                 | 5784   | 32 <sup>r</sup> H. Cephei | 5,4                  | 22 19 35 .02   | 85 43,6             |
| 68                                 | 5807   | 3 Cephei                  | var.                 | 22 26 20 .708  | 58 1,6              |
| 69                                 | 7346 <sub>Am</sub>                                 | BD 61°,2314               | 6,5                  | 22 31 .00 ....                                       | 61 23,1             |
| 70                                 | 5848   | Br. 2996                  | 5,3                  | 22 35 57 .074  | 63 11,4             |
| 71                                 | 7420 <sub>Am</sub>                                 | BD 62°,2115               | 6,2                  | 22 45 52 ....  | 62 32,3             |
| 72                                 | 7442 <sub>Am</sub>                                 | BD 59°,2595               | 6,0                  | 22 50 2 ....   | 59 41,8             |
| 73                                 | 5927   | 36 H. Cephei              | 5,1                  | 22 55 4 .66  | 83 56,4             |
| 74                                 | 5955   | Br. 3061                  | 4,9                  | 23 3 23 .698   | 59 0,5              |
| 75                                 | 5976   | Br. 3077                  | 5,7                  | 23 9 36 .964   | 56 44,9             |
| 76                                 | 6016   | Br. 3110                  | 5,8                  | 23 19 8 .540   | 59 43,0             |
| 77                                 | 6056   | 39 H. Cephei              | 5,9                  | 23 27 43 .88   | 86 53,3             |
| 78                                 | 7691 <sub>Am</sub>                                 | BD 60°,2609               | 6,4                  | 23 38 53 ....  | 61 15,5             |
| 79                                 | 6112   | Br. 3170                  | 6,7                  | 23 45 27 .433  | 58 32,4             |
| 80                                 | 6135   | ρ Cassiop.                | 4,9                  | 23 50 34 .654  | 57 4,6              |
| 81                                 | 3154   | Gr. 1850 s. p.            | 6,5                  | 12 0 54 .50  | 86 0,5              |

так что они возвращались к своим исходным положениям. Хронографы и радиотелеграфные приборы не перевозились.

Полным вечером считался такой, когда в каждом пункте удавалось пронаблюдать 25—30 звезд времени и 6—8 близких звездных. Шесть-семь таких вечеров или большее число вечеров с менее обширной программой составляли четверть.

Порядок смены наблюдателей и инструментов представлял табл. VII.

Личная разность наблюдателей была определена по окончании долготной программы (см. § 10).

Наряду с исполнением долготных наблюдений было намерено не нарушать во ВНИИМ обычного течения службы времени. Поэтому наблюдатель во ВНИИМ время от времени определял по правку часов, пользуясь специальным каталогом пассажного

инструмента. Чтобы использовать и этот материал для нахождения долготы, наблюдатель, находившийся в Пулкове, также вел аналогичные наблюдения.

Основой для составления списка звезд послужил каталог Босса (Boss). Оттуда были взяты все близполюсные звезды и около двух третей звезд времени. Две звезды были взяты из пулковского каталога 1915 г., а остальные „дополнительные“ звезды были выписаны из каталога Амбронна (Ambronn). Прямые восхождения этих звезд предстояло определить по собственным наблюдениям. Звезды избирались возможно ближе к зениту ( $\varphi \approx 60^\circ$ ), так что все они лежат в зоне от  $46^\circ$  до  $66^\circ$ .

Список звезд приведен в табл. VIII. Во втором столбце ее даны номера по тому каталогу, из которого взята звезда; буквы  $A$  и  $B$  в этой таблице обозначают каталоги Амбронна и пулковский, номера без букв относятся к каталогу Босса. Прямые восхождения дополнительных звезд даны до  $1^s$ , близполюсные звезды выделены курсивным шрифтом.

Что касается приема радиосигналов, то по плану предполагалось пользоваться станциями Детское Село (RET,  $\lambda - 7500$  м,  $T_0 - 19^h$ ) и Москва (RAI,  $\lambda - 5000$  и  $7300$  м,  $T_0 - 21^h$ ). На деле первая из них в значительной степени выпала, так как ее работа была остановлена на срок с 7 июля по 1 августа 1924 г., и программу приема радиосигналов пришлось изменить (см. § 12).

### § 7. МОМЕНТЫ ПРОХОЖДЕНИЙ И ИХ ТОЧНОСТЬ

Каждая звезда времени наблюдалась на протяжении трех оборотов винта микрометра. При измерении сигналы брались через один, всего по десяти в каждом положении инструмента. Отсчет делался для конца сигнала, т. е. для момента размыкания цепи. На близполюсных звездах отсчитывались все имевшиеся сигналы, кроме крайних и средних; число их менялось от 10 до 25 пар. Здесь нить наводилась как на начало, так и на конец сигнала, а затем бралась полусумма этих отсчетов. Таким образом отпадала необходимость исправлять моменты этих звезд за половинную ширину контакта, но зато следовало вводить маленькую поправку, учитывавшую разнородность сигналов замыкания и размыкания (см. § 5).

Для устранения личных ошибок в измерении ленты вся она была промерена одним Н. Х. Прейпичем.

Табл. IX и X дают материал для суждения о точности, с которой получались моменты прохождений. Первая из них содержит средние ошибки одной пары контактов для звезд времени отдельно для трех групп этих звезд. Первая группа охватывает 9 более южных звезд со средним склонением в  $52^\circ,8$ ; вторую группу образуют 47 звезд со средним склонением в  $59^\circ,2$ ; в третью группу входят только 3 звезды, среднее склонение которых равно  $63^\circ,8$ .

Таблица IX — Tableau IX

Средняя ошибка одной пары контактов для звезд времени, в 0<sup>h</sup>.00  
 Erreur moyenne d'une paire de contacts pour les étoiles de l'heure, en

| Четверть<br>Période | Прейрич — P   |                       |                   |    | Рак — R |   |                       |        |
|---------------------|---|-----------------------|-------------------|----|---------|---|-----------------------|--------|
|                     | Инструмент и место наблюдения<br>Instrument et lieu d'observation | Изображения<br>Images | Группы<br>Groupes |    |         | Инструмент и место наблюдения<br>Instrument et lieu d'observation | Изображения<br>Images | Группы |
|                     |   |                       | I                 | II | III     |   |                       |        |
| I                   | A' Пулково . .  | 4                     | 60                | 67 | 81      | A' ВНИИМ . .  | 2—3                   | 45     |
| II                  | A ВНИИМ . . .   | 2—3                   | 49                | 54 | 65      | A' Пулково . .  | 3—4                   | 59     |
| III                 | A' ВНИИМ . . .  | 2—3                   | 44                | 52 | 54      | A Пулково . .   | 3                     | 50     |
| IV                  | A Пулково . . .   | 3                     | 57                | 64 | 66      | A' ВНИИМ . . .  | 2—3                   | 47     |
| I + III             | A' — . . . . .  | 3—3,5                 | 53                | 59 | 66      | A — . . . . .   | 2,5—3                 | 48     |
| II + IV             | A — . . . . .   | 2,5—3                 | 52                | 60 | 66      | A' — . . . . .  | 2,5—3,5               | 56     |
| I + IV              | Пулково . . .   | 3—4                   | 59                | 66 | 72      | ВНИИМ . . .   | 2—3                   | 46     |
| II + III            | ВНИИМ . . . .   | 2—3                   | 47                | 53 | 60      | Пулково . . .   | 3—3,5                 | 55     |
|                     | Общий результат   |                       |                   |    |         | Общий результат   |                       |        |
|                     | Résultat total  |                       | 52                | 59 | 66      | Résultat total  |                       | 51     |
|                     | На экваторе   |                       |                   |    |         | На экваторе   |                       |        |
|                     | A' l'équateur   |                       | 31                | 30 | 28      | A' l'équateur   |                       | 31     |

В табл. X даны средние ошибки одной пары контактов для близкополюсных звезд, приведенные предварительно умноженные на  $\cos \delta$  к экватору.

Изучение двух последних таблиц показывает, что инструменты A и A' дают результаты одинаковой точности, что между наблюдателями почти нет разницы и что наблюдения, проходившие в Пулковской обсерватории, менее точны, чем наблюдения, проходившие в ВНИИМ. Последнее обстоятельство объясняется тем, что во ВНИИМ изображения были несколько лучше, как это видно из тех же таблиц. Оценка изображений производилась по пятибальной системе и самые лучшие отмечались единицей.

Таблица X—Tableau X

Средняя ошибка пары контактов для близполюсных звезд  
 Erreur moyenne d'une paire de contacts pour les étoiles circonpolaires

| Четверть<br>Période | Пре́йпич — P  |                       |   | Ра́к — R  |                       |   |
|---------------------|---|-----------------------|---|---|-----------------------|---|
|                     | Инструмент и место наблюдения<br>Instrument et lieu d'observation | Изображения<br>Images | Средняя ошибка $\times \cos^2$ — Erreur moyenne $\times \cos^2$ | Инструмент и место наблюдения<br>Instrument et lieu d'observation | Изображения<br>Images | Средняя ошибка $\times \cos^2$ — Erreur moyenne $\times \cos^2$ |
| I                   | A' Пулково .  | 4                     | $\pm 0^s,0227$  | A ВНИИМ .   | 2-3                   | $\pm 0^s,0144$  |
| II                  | A ВНИИМ .   | 2-3                   | 0,0168  | A' Пулково .  | 3-4                   | 0,0220  |
| III                 | A' ВНИИМ .  | 2-3                   | 0,0156  | A Пулково .   | 3                     | 0,0177  |
| IV                  | A Пулково .   | 3                     | 0,0228  | A' ВНИИМ .  | 2-3                   | 0,0156  |
| I+III               | A' — .  | 3-3,5                 | 0,0192  | A — .   | 2,5-3                 | 0,0160  |
| II+IV               | A — .   | 2,5-3                 | 0,0198  | A' — .  | 2,5-3,5               | 0,0188  |
| I+IV                | Пулково .   | 3-4                   | 0,0228  | ВНИИМ .   | 2-3                   | 0,0150  |
| II+III              | ВНИИМ .   | 2-3                   | 0,0162  | Пулково .   | 3-3,5                 | 0,0198  |
|                     | Общий результат . . .   |                       | $\pm 0^s,0195$  | Общий результат . . .   |                       | $\pm 0^s,0174$  |
|                     | Résultat total . . . .  |                       |   | Résultat total . . . .  |                       |   |

## § 8. НАКЛОННОСТЬ

Наблюдения каждой звезды обрабатывались с той наклонностью, которая получалась из отсчетов уровня, сделанных при наблюдении этой звезды до и после перекладки инструмента.

В Пулкове, при первых же наблюдениях, была замечена неудовлетворительность в отсчетах уровня. Выяснилось, что это зависело от неустойчивости столба, на котором устанавливались инструменты. Принятыми мерами удалось ослабить этот источник ошибок, и с 21 июля, т. е. с конца второй четверти, неустойчивость столба сказывалась ничтожно. По окончании третьей четверти работ неустойчивость столба была совершенно устранена, и наблюдения последней четверти велись при совершенно нормальных условиях. Во всяком случае необходимые поправки на неустойчивость столба при обработке наблюдений были введены в результаты.

Сравнение наклонов  $b$ , определенных в порядке EW WE, привело к числам, представленным в табл. XI.

Таблица XI—Tableau XI

Разность  $b_{EW} - b_{WE}$  — Différence  $b_{EW} - b_{WE}$

| Четверть<br>Période | Пулково — Poulkovo         |                          |                      | ВНИИМ — I. M.              |                          |                      |
|---------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------|
|                     | Наблюдатель<br>Observateur | Инструмент<br>Instrument | $b_{EW} - b_{WE}$    | Наблюдатель<br>Observateur | Инструмент<br>Instrument | $b_{EW} - b_{WE}$    |
| I                   | Прейсич—P                  | A'                       | +0 <sup>s</sup> ,001 | Рак—R . . .                | A                        | +0 <sup>s</sup> ,001 |
| II                  | Рак—R . . .                | A'                       | +0 ,001              | Прейсич—P                  | A                        | -0 ,001              |
| III                 | Рак—R . . .                | A                        | -0 ,006              | Прейсич—P                  | A'                       | -0 ,006              |
| IV                  | Прейсич—P                  | A                        | -0 ,003              | Рак—R . . .                | A'                       | +0 ,003              |

Отсюда видно, что разности  $b_{EW} - b_{WE}$  малы и не содержат принципиальных разногласий; это обстоятельство указывает на удовлетворительность исправлений наклонов, принятых с учетом влияния неустойчивости столба в Пулково.

Для характеристики пассажных инструментов A и A' были образованы разности наклонов  $b_n$ , наблюдаемых на близлежащих звездах, и  $b_s$  на соседних с ними звездах времени.

Таблица XII—Tableau XII

Разность  $b_n - b_s$  — Différence  $b_n - b_s$

| Четверть<br>Période | Инструмент A<br>Instrument A | Инструмент A'<br>Instrument A' |
|---------------------|------------------------------|--------------------------------|
| I                   | -0 <sup>s</sup> ,018         | +0 <sup>s</sup> ,007           |
| II                  | -0 ,024                      | +0 ,006                        |
| III                 | -0 ,026                      | +0 ,003                        |
| IV                  | -0 ,022                      | +0 ,007                        |
| Среднее<br>Moyenne  | -0 <sup>s</sup> ,022         | +0 <sup>s</sup> ,006           |

Мы видим, что для инструмента  $A'$ , мало бывшего в употреблении, разность  $b_n - b_s$  меньше, чем для  $A$ , работающего уже много лет, и причина этого лежит, без сомнения, в той или иной степени несовершенства цапф пассажных инструментов. На наших результатах имеющееся различие наклонностей не должно отражаться вредно, так как звезды времени лежат близко к зениту.

В табл. XIII приведены для каждой четверти средняя наклонность  $b_m$ , среднее значение ее часовых изменений  $\left(\frac{\Delta b}{\Delta t}\right)_m$  и среднее из абсолютных величин тех же изменений  $\left|\frac{\Delta b}{\Delta t}\right|_m$ . Числа  $\left(\frac{\Delta b}{\Delta t}\right)_m$  характеризуют то направление, в котором меняется наклонность, а числа  $\left|\frac{\Delta b}{\Delta t}\right|_m$  — размер этих колебаний. Всматриваясь в данные табл. XIII, мы видим, что в Пулкове наклонность менялась несколько меньше, чем в ВНИИМ, и что ее изменения имели случайный характер, в то время как в ВНИИМ преобладало положительное изменение наклонности.

Таблица XIII—Tableau XIII

Характер изменений наклонности со временем  
Caractère des variations de l'inclinaison avec le temps

| Четверть<br>Période | Пулково—Poukovo |  |  | ВНИИМ—I. M. |  |  |
|---------------------|-----------------|--|--|-------------|--|--|
|                     | $b_m$           | $\left(\frac{\Delta b}{\Delta t}\right)_m$ | $\left \frac{\Delta b}{\Delta t}\right _m$ | $b_m$       | $\left(\frac{\Delta b}{\Delta t}\right)_m$ | $\left \frac{\Delta b}{\Delta t}\right _m$ |
| I                   | -0,029          | +0,006                                     | 0,008                                      | +0,014      | +0,008                                     | 0,009                                      |
| II                  | -0,012          | 0,000                                      | 0,005                                      | -0,007      | +0,011                                     | 0,011                                      |
| III                 | +0,005          | -0,002                                     | 0,005                                      | +0,009      | +0,005                                     | 0,006                                      |
| IV                  | +0,025          | -0,003                                     | 0,009                                      | -0,013      | +0,008                                     | 0,009                                      |
| Среднее<br>Moynne   | -0,003          | 0,000                                      | 0,007                                      | +0,001      | +0,008                                     | 0,009                                      |

Несколько худшие результаты для ВНИИМ легко объясняются особым расположением обсерватории ВНИИМ, находящейся в башне высокого дома. На точность наблюдений это обстоятельство не влияет как в виду своей незначительной величины, так и вследствие соответствующим образом проведенной обработки наблюдений.

Азимуты были получены тремя последовательными приближениями.

В первом приближении мы получили азимуты, взяв в каждом вечеру по четыре близполюсных звезды и соединив каждую из них с ближайшей звездой времени. С этими начальными азимутами были вычислены предварительные поправки часов, которые должны были послужить только для нового определения азимуты. Для вывода поправок мы употребляли по десять звезд времени, подбирая те звезды, которые наблюдались в течение четверти. Найденные поправки были нанесены на чертеж и равнены графически. Отсчеты, сделанные по кривой, послужили для определения азимутов в следующих приближениях и больше не изменялись. Произведенное в дальнейшем сравнение предварительных поправок с окончательными обнаружило, что разности между ними носят случайный характер и что среднее из абсолютных значений этих разностей составляет примерно  $0^s$ . Основой во всех описанных вычислениях служил каталог Босса.

После нахождения поправок часов можно было приступить ко вторичному определению азимутов. Теперь они были вычислены по всем близполюсным звездам, но попрежнему на основании каталога Босса. Цель второго приближения заключалась во всестороннем изучении ошибок, сказывающихся на определении азимута. Поэтому сперва азимуты были распределены по культам: верхней и нижней. Между обеими группами была замечена систематическая разность, которую мы попытались устранить, сделав предположение, что исправления прямых восхождений близполюсных звезд имеют вид  $p \cdot \sec^2 \delta$ , где  $p$  постоянный коэффициент. Оказалось, что  $\Delta \alpha = -0^s,0052_s \cdot \sec^2 \delta$ .

Надо полагать, что полученная разность  $\Delta \alpha$  отчасти объясняется особенностями инструментов и личными ошибками наблюдателей. В самом деле, сопоставляя величины  $p$  по наблюдениям на инструментах, мы нашли:

$$\text{Прейрич — Рак} \quad \quad \quad = -0^s,0018$$

$$\text{инструмент } A \text{ — инструмент } A' = -0^s,0055.$$

Весьма возможно, что различие в результатах двух инструментов объясняется той разностью в наклонах  $b_n - b_s$ , на которую было обращено внимание в конце предыдущего параграфа.

Согласно с полученным выражением для  $\Delta \alpha$  во все азимуты была введена систематическая поправка:

$$\Delta \alpha = -0^s,0052_s \cdot \frac{\sec^2 \delta}{A},$$

где  $A$  коэффициент азимута в формуле Майера.

В исправленных азимутах одного и того же вечера были заметны изменения, которые можно было принять пропорциональными

нальными времени. Поэтому мы определили графически часовые изменения азимутов. Затем все азимуты каждого вечера были приведены к одной и той же эпохе, 20<sup>h</sup>,0 звездного времени. Уклонения отдельных результатов от общего среднего мы рассматривали как следствие индивидуальных ошибок в положениях близполюсных звезд. В виду малой разности в широтах обоих пунктов можно было совместно изучать ошибки азимутов, найденные в Пулкове и ВНИИМ, не переходя к ошибкам координат. Сравнение по инструментам и по станциям не показало систематических разностей, и потому все результаты можно было объединить, что и представлено в табл. XIV.

Таблица XIV — Tableau XIV

Поправки азимутов — Corrections des azimuts

| № по списку<br>N° d'après la liste | Звезда<br>Étoile              | Систематическая поправка<br>Correction systématique | Индивидуальная поправка<br>Correction individuelle | Общая поправка<br>Correction totale | Вес<br>Poids |
|------------------------------------|-------------------------------|---|--|-------------------------------------|--------------|
| 13                                 | Gr. 766 s. p. . .             | - 0 <sup>s</sup> ,009                               | + 0 <sup>s</sup> ,013                              | (+ 0 <sup>s</sup> ,004)             | 1,5          |
| 19                                 | s Urs. min. . . .             | + 0,014   | - 0,038  | - 0,024                             | 26,5         |
| 25                                 | Gr. 944 s. p. . .             | - 0,009   | - 0,006  | - 0,015                             | 34,5         |
| 27                                 | δ Urs. min. . . .             | + 0,012   | + 0,033  | + 0,045                             | 43           |
| 36                                 | 51 H. Cephei s. p.            | - 0,010   | - 0,010  | - 0,020                             | 47           |
| 44                                 | Gr. 1350 s. p. . .            | - 0,009   | - 0,005  | - 0,014                             | 52           |
| 45a                                | Gr. 1391 s. p. . .            | - 0,009   | - 0,051  | (- 0,060)                           | 1            |
| 50                                 | Rd. 4976 . . . .              | + 0,013   | - 0,025  | - 0,012                             | 46           |
| 54                                 | Rd. 2218 s. p. . .            | - 0,009   | + 0,030  | + 0,021                             | 46,5         |
| 58                                 | 1 H. Drac. s. p. .            | - 0,008   | - 0,027  | (- 0,035)                           | 2            |
| 67                                 | 32 <sup>s</sup> H. Cephei . . | + 0,012   | + 0,026  | + 0,038                             | 38           |
| 73                                 | 36 H. Cephei . .              | + 0,013   | - 0,019  | - 0,006                             | 16           |
| 77                                 | 39 H. Cephei . .              | + 0,012   | - 0,016  | - 0,004                             | 8            |
| 81                                 | Gr. 1850 s. p. . .            | - 0,009   | - 0,023  | - 0,032                             | 4            |

В третьем приближении азимуты по отдельным звездам были получены прибавлением поправок табл. XIV к азимутам второго приближения. Затем прежним способом были определены часовые изменения, и снова все азимуты были сведены к одной эпохе. Табл. XV дает окончательные азимуты и их часовые изменения. Отсюда получались азимуты на каждый час наблюдений.

Таблица XV — Tableau XV

Окончательные азимуты и их часовые изменения — Azimuts définitifs et leurs variations d'une heure

| Дата<br>Date          | ВНИИМ — I. М.  |  |              |  |  | Пулково — Poulkovo   |              |  |
|-----------------------|--|--|--------------|--|--|--|--------------|--|
|                       | Наблю-<br>датель и<br>инструмент<br>Observateur<br>et instrument | Средний азимут<br>в 20 <sup>h</sup> ,0<br>Azimut moyen<br>à 20 <sup>h</sup> ,0 | Вес<br>Poids | Часовое<br>изменение<br>Variation<br>d'une heure | Наблю-<br>датель и<br>инструмент<br>Observateur<br>et instrument | Средний азимут<br>в 20 <sup>h</sup> ,0<br>Azimut moyen<br>à 20 <sup>h</sup> ,0 | Вес<br>Poids | Часовое<br>изменение<br>Variation<br>d'une heure |
| 1924 г.               |  |  |              |  |  |  |              |  |
| Июнь 27<br>Juin 27    | A  | -0,648   | 4            | +0,008   | A'   | -0,080   | 2            | -  |
| Июнь 28<br>Juin 28    |  | -0,545   | 2            | -  |  | -  | -            | -  |
| Июнь 30<br>Juin 30    | Q  | -0,492   | 1            | -  | Q  | -0,362   | 2            | -  |
| Июль 1<br>Juillet 1   | I  | -0,549   | 6            | -0,012   | I  | -0,161   | 2            | -  |
| Июль 2<br>Juillet 2   |  | -0,548   | 4            | 0,000  | I  | -0,264   | 6            | -0,013   |
| Июль 6<br>Juillet 6   | X  | -0,560   | 7            | 0,000  | X  | -0,201   | 6            | -0,008   |
| Июль 9<br>Juillet 9   | W  | -0,609   | 5            | 0,000  | W  | -0,254   | 6            | 0,000  |
| Июль 10<br>Juillet 10 | Q  | -0,730   | 7            | 0,000  | Q  | -0,260   | 7            | 0,000  |
| Июль 11<br>Juillet 11 |  | -0,729   | 7            | 0,000  | Q  | -0,283   | 6            | 0,000  |
| Июль 12<br>Juillet 12 | A  | -0,717   | 3            | 0,000  | A'   | -0,291   | 1            | -  |

Таблица XV (продолжение) — Таблица XV (suite)

| Дата<br>Date | ВНИИМ — I. М.  |  |              |  | Пулково — Ротково  |  |              |  |
|--------------|--|--|--------------|--|--|--|--------------|--|
|              | Наблю-<br>датель и<br>инструмент<br>Observateur<br>et instrument | Средний азимут<br>в 20 <sup>h</sup> ,0<br>Azimut moyen<br>à 20 <sup>h</sup> ,0 | Вес<br>Poids | Часовое<br>изменение<br>Variation<br>d'une heure | Наблю-<br>датель и<br>инструмент<br>Observateur<br>et instrument | Средний азимут<br>в 20 <sup>h</sup> ,0<br>Azimut moyen<br>à 20 <sup>h</sup> ,0 | Вес<br>Poids | Часовое<br>изменение<br>Variation<br>d'une heure |
| 1924 г.      |  |  |              |  |  |  |              |  |
| Июль 13      | A  | -0 <sup>s</sup> ,616   | 3            | 0 <sup>s</sup> ,000                              | A'   | -0 <sup>s</sup> ,290   | 4            | -0 <sup>s</sup> ,025                             |
| Юлиет 16     | A  | -0,484   | 8            | -0,010   | A'   | -0,333   | 7            | 0,000  |
| 17           | A  | { -0,610 <sup>1</sup>  | 3            | -0,030   | A  | { -0,332   | 6            | 0,000  |
| 18           | A  | { -0,613   | 4            | -0,100 <sup>2</sup>                              | A  | { -0,420   | 2            | -  |
| 19           | A  | -0,576   | 8            | -0,012   | A  | -0,330   | 8            | 0,000  |
| 20           | A  | -0,589   | 7            | -0,028   | A  | -0,403   | 8            | -0,020   |
| 21           | A  | -0,744   | 7            | 0,000  | A  | -0,273   | 7            | 0,000  |
| 22           | A  | -0,592   | 7            | -0,015   | A'   | -0,337   | 7            | -0,016   |
| 24           | A'   | { -0,599   | 7            | -0,007   | A  | { -0,284   | 7            | +0,005   |
|              |  | { +0,558 <sup>3</sup>  | 2            | -0,008   |  | +0,124   | 5            | -0,005   |
|              |  | { +0,513   | 5            |  |  |  |              |  |

<sup>1</sup> Во время наблюдения фокусирован микрометр.

<sup>2</sup> Азимут вычислен на каждую десятую часа.

<sup>3</sup> Причина изменения азимута неясна.

Таблица XV (продолжение) — Tableau XV (suite)

| Дата<br>Date          | ВНИИМ — I. M.  |  |              |  | Пулково — Poulkovo   |  |              |  |
|-----------------------|--|--|--------------|--|--|--|--------------|--|
|                       | Наблю-<br>датель и<br>инструмент<br>Observateur<br>et instrument | Средний азимут<br>в 20 <sup>h</sup> ,0<br>Azimut moyen<br>à 20 <sup>h</sup> ,0 | Вес<br>Poids | Часовое<br>изменение<br>Variation d'une<br>heure | Наблю-<br>датель и<br>инструмент<br>Observateur<br>et instrument | Средний азимут<br>в 20 <sup>h</sup> ,0<br>Azimut moyen<br>à 20 <sup>h</sup> ,0 | Вес<br>Poids | Часовое<br>изменение<br>Variation<br>d'une heure |
| 1924 г.               |  |  |              |  |  |  |              |  |
| Июль 25<br>Juillet 25 | А  | +0,408   | 4            | 0,000  | А  | +0,131   | 5            | 0,000  |
| 27                    | А  | +0,507   | 6            | -0,008   | А  | +0,088   | 8            | 0,000  |
| 28                    | А  | +0,359   | 3            | 0,000  | А  | -0,010   | 2            | -  |
| 29                    | А  | +0,410   | 7            | 0,000  | А  | -0,115   | 7            | 0,000  |
| 30                    | А  | +0,316   | 7            | -0,015   | А  | -0,096   | 8            | +0,015   |
| 31                    | А  | +0,272   | 6            | -0,010   | А  | -0,097   | 8            | 0,000  |
| Август 4<br>Août 4    | А  | +0,215   | 7            | -0,010   | А  | -0,071   | 8            | 0,000  |
| 5                     | А  | -  | -            | -  | А  | -0,168   | 2            | -  |
| 12                    | А  | +0,253   | 5            | -0,015   | А  | -  | -            | -  |
| 13                    | А  | -0,128   | 2            | -  | А  | -0,103   | 5            | 0,000  |
|                       | А  | +0,143   | 7            | 0,000  | А  | +0,060   | 6            | -0,010   |

Таблица XV (окончание) — Tableau XV (fin)

| Дата<br>Date | ВНИИМ — I. М.   |  |              |  | Пулково — Poulkovo   |  |              |  |
|--------------|---|--|--------------|--|--|--|--------------|--|
|              | Наблю-<br>датель и<br>инструмент<br>Observateur<br>et instru-<br>ment | Средний азимут<br>в 20 <sup>h</sup> ,0<br>Azimut moyen<br>à 20 <sup>h</sup> ,0 | Вес<br>Poids | Часовое<br>изменение<br>Variation d'une<br>heure | Наблюде-<br>тель и<br>инструмент<br>Observateur<br>et instrument | Средний азимут<br>в 20 <sup>h</sup> ,0<br>Azimut moyen<br>à 20 <sup>h</sup> ,0 | Вес<br>Poids | Часовое<br>изменение<br>Variation<br>d'une heure |
| 1924 г.      |   |  |              |  |  |  |              |  |
| Август 14    | A'  | - 0 <sup>h</sup> ,080  | 5            | + 0 <sup>h</sup> ,020                            | A  | + 0 <sup>h</sup> ,082 } <sup>1</sup><br>- 0 <sup>h</sup> ,036 }                | 5            | 0 <sup>h</sup> ,000                              |
| Август 15    | A'  | - 0 <sup>h</sup> ,074  | 6            | - 0 <sup>h</sup> ,020                            | V<br>I<br>P<br>e<br>n<br>n<br>i<br>c<br>h                        | + 0 <sup>h</sup> ,109  | 6            | - 0 <sup>h</sup> ,012                            |
| 16           | A'  | - 0 <sup>h</sup> ,080  | 7            | - 0 <sup>h</sup> ,012                            |  | + 0 <sup>h</sup> ,126  | 7            | - 0 <sup>h</sup> ,018                            |
| 17           | A'  | - 0 <sup>h</sup> ,113  | 6            | - 0 <sup>h</sup> ,005                            |  | + 0 <sup>h</sup> ,090  | 5            | - 0 <sup>h</sup> ,012                            |
| 18           | A'  | - 0 <sup>h</sup> ,029  | 7            | - 0 <sup>h</sup> ,005                            |  | - 0 <sup>h</sup> ,053  | 7            | - 0 <sup>h</sup> ,020                            |
| 25           | A'  | + 0 <sup>h</sup> ,419  | 5            | - 0 <sup>h</sup> ,040                            |  | -  | -            | -  |
| 27           | A'  | + 0 <sup>h</sup> ,509  | 6            | - 0 <sup>h</sup> ,018                            |  | -  | -            | -  |
| 30           | A   | + 0 <sup>h</sup> ,349  | 5            | - 0 <sup>h</sup> ,015                            |  | -  | -            | -  |
| 31           | A   | + 0 <sup>h</sup> ,249  | 5            | + 0 <sup>h</sup> ,000                            | -  | -  | -            |  |

<sup>1</sup> Причина изменения азимута неясна.

Средние ошибки одного определения азимута приведены в табл. XVI, причем в столбцах  $\epsilon_a$  даны средние ошибки определения азимута до введения часовых изменений азимута, а в столбцах  $\epsilon'_a$  — такие же величины после учета часовых изменений.

Таблица XVI—Tableau XVI

Точность одного определения азимута—Précision d'une détermination de l'azimut

| Четверть<br>Période | ВНИИМ — I. M.   |               |               | Пулково — Poulkovo                                    |               |               |
|---------------------|---|---------------|---------------|---|---------------|---------------|
|                     | Наблюдатель и инструмент<br>Observateur et instrument | $\epsilon_a$  | $\epsilon'_a$ | Наблюдатель и инструмент<br>Observateur et instrument | $\epsilon_a$  | $\epsilon'_a$ |
| I                   | Рак, R—A  | $\pm 0^s,032$ | $\pm 0^s,031$ | Прейпич, P—A'   | $\pm 0^s,044$ | $\pm 0^s,041$ |
| II                  | Прейпич, P—A  | 0,048         | 0,029         | Рак, R—A'   | 0,039         | 0,036         |
| III                 | Прейпич, P—A'   | 0,031         | 0,026         | Рак, R—A  | 0,035         | 0,032         |
| IV                  | Рак, R—A'   | 0,040         | 0,034         | Прейпич, P—A  | 0,045         | 0,042         |
| I+II                | — A   | 0,041         | 0,030         | — A'  | 0,042         | 0,039         |
| III+IV              | — A'  | 0,036         | 0,030         | — A   | 0,040         | 0,037         |
| I+IV                | Рак—R   | 0,036         | 0,033         | Прейпич—P   | 0,044         | 0,041         |
| II+III              | Прейпич—P   | 0,041         | 0,028         | Рак—R   | 0,036         | 0,033         |
| Весь период         | Résultat moyen  | $\pm 0^s,038$ | $\pm 0^s,030$ | Résultat moyen  | $\pm 0^s,41$  | $\pm 0^s,38$  |

Таблица показывает, что оба наблюдателя и оба инструмента дают одну и ту же точность. Некоторое увеличение ошибок в Пулково объясняется неустойчивостью столба и худшим качеством изображений.

В табл. XVII мы даем для наблюденных близполюсных звезд поправки к прямым восхождениям каталога. Один раз они получены по поправкам азимутов, приведенным в табл. XIV, а другой раз — на основании окончательных поправок часов. Числа в обоих столбцах несколько расходятся, что и понятно, так как можно рассматривать как два последовательных приближения. Кроме того, во втором случае добавлены наблюдения, сделанные для определения личной разности.

## Таблица XVII—Tableau XVII

Поправки к прямым восхождениям близполюсных звезд— Corrections aux ascensions droites des étoiles circonfolaires

| № по списку<br>N° d'après<br>la liste | Звезда<br>Étoile   | По азиму-<br>там<br>D'après les<br>azimuts | Оконча-<br>тельные<br>Définitives | Эпоха<br>Époque<br>1924,0 + | Вес<br>Poids |
|---------------------------------------|--------------------|--|-----------------------------------|-----------------------------|--------------|
| 13                                    | Gr. 766 s. p. . .  | (+0 <sup>o</sup> ,02)                      | (-0 <sup>o</sup> ,03)             | 0,50                        | 1,5          |
| 19                                    | ε Urs. min. . . .  | +0,07                                      | +0,11                             | 0,53                        | 27,5         |
| 25                                    | Gr. 941 s. p. . .  | -0,10                                      | -0,13                             | 0,55                        | 34,5         |
| 27                                    | δ Urs. min. . . .  | -0,34                                      | -0,34                             | 0,56                        | 43           |
| 36                                    | 51 H. Cephei s. p. | -0,22                                      | -0,27                             | 0,57                        | 49           |
| 44                                    | Gr. 1359 s. p. . . | -0,08                                      | -0,08                             | 0,57                        | 55           |
| 45a                                   | Gr. 1391 s. p. . . | -0,28)                                     | (-0,34)                           | 0,49                        | 1            |
| 50                                    | Rd. 4976 . . . .   | +0,04                                      | +0,05                             | 0,57                        | 51           |
| 54                                    | Rd. 2218 s. p. . . | +0,13                                      | +0,18                             | 0,57                        | 51,5         |
| 58                                    | 1 H. Drac. s. p. . | (-0,15)                                    | (-0,18)                           | 0,56                        | 2            |
| 67                                    | 32' H. Cephei . .  | -0,22                                      | -0,27                             | 0,59                        | 42           |
| 73                                    | 36 H. Cephei . .   | +0,02                                      | 0,00                              | 0,62                        | 18           |
| 77                                    | 39 H. Cephei . .   | +0,04                                      | +0,09                             | 0,63                        | 10           |
| 81                                    | Gr. 1850 s. p. . . | -0,26                                      | -0,33                             | 0,62                        | 4            |

## § 10. ЛИЧНАЯ РАЗНОСТЬ

Определение личной разности было сделано на обсерватории ВНИИМ по окончании долготной программы. Наблюдения для этой цели велись в течение четырех вечеров, по два вечера на каждом инструменте, и выполнялись в следующем порядке. Один из наблюдателей начинал наблюдение звезды и, получив около 15 контактов, передавал микрометр второму наблюдателю, который получал такое же число контактов, перекладывал инструмент и вел нить обратно на своем участке поля. Затем снова вступал первый наблюдатель, который и заканчивал наблюдение. В течение целого вечера начинал один и тот же наблюдатель, а в следующий вечер— другой. Таким образом, условия наблюдений несколько отличались от обычных; кроме того, при промере ленты, чтобы набрать десять пар контактов, приходилось брать их подряд, а не через одни.



Таблица XIX—Tableau XIX

Непосредственно наблюдаемые абсолютные ходы часов, в 0',001  
 Marches diurnes absolues des pendules observées directement, en 0',001

| Дата<br>Date | 67R* | n    | 352R* | n | Дата<br>Date | 67R*  | n         | 352R* | n     |     |   |
|--------------|------|------|-------|---|--------------|-------|-----------|-------|-------|-----|---|
| 1924 г.      |      |      |       |   | 1924 г.      |       |           |       |       |     |   |
| Июнь 23,5    | +    | (76) | 9     | — | Июль 27,5    | +     | 87        | 3     | + 369 | 3   |   |
| Июнь 29,5    |      | (83) | 3     | + | (283)        | 3     | Июль 28,5 | 86    | 3     | 358 | 3 |
| 30,0         |      | (77) | 4     |   | (291)        | 4     | 29,5      | 93    | 3     | 378 | 3 |
| Июль 1,0     | 83   | 4    | —     | — | 30,5         | 93    | 3         | 366   | 3     |     |   |
| Июль 2,0     | —    | —    | 296   | 2 | Авг. 3,0     | —     | —         | (389) | 4     |     |   |
| 2,5          | —    | —    | 293   | 1 | Авг. 3,5     | (91)  | 5         | —     | —     |     |   |
| 5,0          | 70   | 4    | 300   | 4 | 9,0          | —     | —         | (411) | 8     |     |   |
| 8,5          | 67   | 3    | 306   | 3 | 9,5          | (104) | 7         | —     | —     |     |   |
| 9,0          | 70   | 4    | —     | — | 13,5         | (119) | 1         | 432   | 1     |     |   |
| 10,5         | —    | —    | 302   | 1 | 14,0         | —     | —         | 437   | 2     |     |   |
| 11,0         | 72   | 2    | 302   | 2 | 14,5         | (107) | 3         | 439   | 3     |     |   |
| 11,5         | 74   | 3    | 303   | 3 | 15,0         | 101   | 2         | —     | —     |     |   |
| 12,5         | 78   | 3    | 338   | 3 | 15,5         | 97    | 3         | 424   | 3     |     |   |
| 14,5         | —    | —    | 338   | 5 | 16,5         | 108   | 3         | 416   | 3     |     |   |
| 15,0         | 80   | 4    | —     | — | 17,5         | 92    | 3         | 403   | 3     |     |   |
| 16,0         | 84   | 4    | 322   | 4 | 18,0         | —     | —         | 410   | 2     |     |   |
| 18,0         | 73   | 2    | 333   | 2 | 18,5         | —     | —         | 379   | 1     |     |   |
| 18,5         | 82   | 3    | 333   | 3 | 22,5         | 123   | 7         | —     | —     |     |   |
| 19,5         | 76   | 3    | 343   | 3 | 27,0         | 126   | 2         | —     | —     |     |   |
| 20,5         | 82   | 3    | 327   | 3 | 29,5         | (96)  | 3         | —     | —     |     |   |
| 21,5         | 80   | 3    | 319   | 3 | 30,0         | (104) | 4         | —     | —     |     |   |
| 23,5         | (70) | 3    | (353) | 3 | 31,5         | (130) | 1         | —     | —     |     |   |
| 24,5         | (71) | 3    | (368) | 3 | Сент. 1,5    | (106) | 1         | —     | —     |     |   |
| 26,0         | 100  | 2    | 371   | 2 | Сент. 5,5    | (99)  | 7         | —     | —     |     |   |
| 26,5         | -92  | 3    | 360   | 3 |              |       |           |       |       |     |   |

Таблица XX—Tableau XX

Суточные и часовые абсолютные ходы часов после выравнивания—Marches absolues des pendules de vingt quatre heures et d'une heure après la compensation

| Дата<br>Date        | 67R *                |                       | 352R *               |                       | Дата<br>Date          | 67R *                |                       | 352R *               |                       |
|---------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
|                     | ω <sub>d</sub>       | ω <sub>h</sub>        | ω <sub>d</sub>       | ω <sub>h</sub>        |                       | ω <sub>d</sub>       | ω <sub>h</sub>        | ω <sub>d</sub>       | ω <sub>h</sub>        |
| 1924 г.             |                      |                       |                      |                       | 1924 г.               |                      |                       |                      |                       |
| Июнь 27<br>Juin 28  | +0 <sup>s</sup> .080 | +0 <sup>s</sup> .0033 | +0 <sup>s</sup> .282 | +0 <sup>s</sup> .0118 | Июль 24<br>Juillet 25 | +0 <sup>s</sup> .085 | +0 <sup>s</sup> .0035 | +0 <sup>s</sup> .364 | +0 <sup>s</sup> .0152 |
| 30                  | 80                   | 33                    | 291                  | —                     | 26                    | 87                   | 36                    | 367                  | 153                   |
| Июль 1<br>Juillet 2 | 78                   | 33                    | 293                  | 121                   | 27                    | 89                   | 37                    | 368                  | 153                   |
| 6                   | 75                   | 31                    | 216                  | 122                   | 28                    | 90                   | 38                    | 369                  | 154                   |
| 7                   | 68                   | 28                    | 303                  | 123                   | 29                    | 91                   | 38                    | 370                  | 154                   |
| 8                   | 68                   | 28                    | 303                  | 126                   | 30                    | 91                   | 38                    | 372                  | 155                   |
| 9                   | 68                   | 28                    | 303                  | 126                   | 31                    | 91                   | 38                    | 374                  | 156                   |
| 10                  | 70                   | 29                    | 303                  | 126                   | 31                    | 91                   | 38                    | 378                  | 158                   |
| 11                  | 72                   | 30                    | 304                  | 127                   | Август 4<br>Août 5    | —                    | —                     | —                    | —                     |
| 12                  | 75                   | 32                    | 310                  | 129                   | 6                     | 96                   | 40                    | —                    | —                     |
| 13                  | 78                   | 33                    | 334                  | 139                   | 7                     | 103                  | 43                    | 432                  | 180                   |
| 16                  | 79                   | 33                    | 333                  | 139                   | 8                     | 102                  | 43                    | 434                  | 181                   |
| 17                  | 80                   | 33                    | 328                  | 137                   | 9                     | 101                  | 42                    | 430                  | 179                   |
| 18                  | 80                   | 33                    | 328                  | 137                   | 10                    | 100                  | 42                    | 419                  | 175                   |
| 19                  | 80                   | 33                    | 328                  | 137                   | 11                    | 99                   | 41                    | 409                  | 170                   |
| 20                  | 80                   | 33                    | 330                  | 138                   | 12                    | 99                   | 41                    | 398                  | 166                   |
| 21                  | 80                   | 33                    | 333                  | 139                   | 13                    | 101                  | 42                    | —                    | —                     |
| 22                  | 80                   | 33                    | 342                  | 143                   | 14                    | 122                  | 51                    | —                    | —                     |
|                     | 80                   | 33                    | 354                  | 148                   | 15                    | 121                  | 50                    | —                    | —                     |
|                     |                      |                       |                      |                       | 16                    | 117                  | 49                    | —                    | —                     |
|                     |                      |                       |                      |                       | 17                    | 116                  | 48                    | —                    | —                     |

Таблица XXI—Tableau XXI

Исправления прямых восхождений звезд, взятых из каталога Босса, в 0<sup>е</sup>,001  
 Corrections aux ascensions droites des étoiles de l'heure prises du catalogue  
 de Boss, en 0<sup>е</sup>,001

| № по списку<br>№ d'après la liste | № по Боссу<br>№ de Boss | $\Delta\alpha$ | Эпоха<br>Époque 1924,0 + | Вес 1<br>Poids | № по списку<br>№ d'après la liste | № по Боссу<br>№ de Boss | $\Delta\alpha$ | Эпоха<br>Époque 1924,0 + | Вес<br>Poids |
|-----------------------------------|-------------------------|----------------|--------------------------|----------------|-----------------------------------|-------------------------|----------------|--------------------------|--------------|
| 11                                | 4072                    | (+ 61)         | 0,49                     | 1              | 45                                | 5165                    | -38            | 0,57                     | 45           |
| 12                                | 4090                    | (- 25)         | 0,50                     | 0,5            | 46                                | 5194                    | -24            | 0,57                     | 53,5         |
| 14                                | 4162                    | + 1            | 0,51                     | 6,5            | 47                                | 5225                    | +51            | 0,57                     | 54           |
| 15                                | 4192                    | - 34           | 0,51                     | 11             | 48                                | 5250                    | -92            | 0,57                     | 52,5         |
| 16                                | 4221                    | + 25           | 0,50                     | 7,5            | 49                                | 5276                    | +37            | 0,57                     | 47,5         |
| 17                                | 4240                    | +156           | 0,51                     | 8,5            | 51                                | 5344                    | +27            | 0,56                     | 47,5         |
| 18                                | 4270                    | - 25           | 0,53                     | 26             | 52 <sup>2</sup>                   | —                       | - 4            | 0,56                     | 45,5         |
| 22                                | 4396                    | - 10           | 0,53                     | 26             | 53                                | 5394                    | -25            | 0,56                     | 46           |
| 23                                | 4432                    | - 56           | 0,53                     | 27,5           | 55                                | 5453                    | +11            | 0,57                     | 57,5         |
| 24                                | 4458                    | - 15           | 0,54                     | 37,5           | 58 <sup>b</sup>                   | 5535                    | +24            | 0,58                     | 53           |
| 26                                | 4511                    | + 52           | 0,55                     | 37             | 59                                | 5563                    | -66            | 0,58                     | 54           |
| 28                                | 4609                    | - 17           | 0,56                     | 39             | 61                                | 5619                    | +11            | 0,58                     | 45           |
| 29                                | 4623                    | + 43           | 0,56                     | 39,5           | 63                                | 5667                    | +36            | 0,59                     | 38           |
| 30                                | 4671                    | - 7            | 0,56                     | 40             | 64                                | 5694                    | + 2            | 0,60                     | 36,5         |
| 31                                | 4707                    | + 4            | 0,56                     | 37,5           | 65                                | 5727                    | +12            | 0,59                     | 37           |
| 32                                | 4730                    | -119           | 0,55                     | 37             | 66                                | 5751                    | +11            | 0,59                     | 31           |
| 33                                | 4763                    | - 7            | 0,55                     | 33             | 68                                | 5807                    | +29            | 0,58                     | 33           |
| 34                                | 4790                    | - 9            | 0,55                     | 36,5           | 70                                | 5848                    | -12            | 0,60                     | 25           |
| 35                                | 4822                    | + 24           | 0,56                     | 33,5           | 74                                | 5955                    | -24            | 0,62                     | 19           |
| 37                                | 4907                    | + 23           | 0,57                     | 37             | 75                                | 5976                    | - 6            | 0,63                     | 12           |
| 39 <sup>a</sup>                   | —                       | + 55           | 0,57                     | 43             | 76                                | 6016                    | +60            | 0,63                     | 6            |
| 41                                | 5026                    | - 24           | 0,57                     | 40,5           | 80                                | 6135                    | +28            | 0,62                     | 5            |
| 43                                | 5075                    | + 70           | 0,57                     | 50,5           |                                   |                         |                |                          |              |

<sup>1</sup> Наблюдение, сделанное при нормальных условиях, получало вес 1.

<sup>2</sup> Эти звезды взяты из каталога Pulkoва 1915,0.

§ 11. ОКОНЧАТЕЛЬНЫЕ ПОПРАВКИ

Окончательные поправки часов, как и значения азимута были найдены путем последовательных приближений. В первом приближении (не считая предварительных поправок, употребленных при выводе азимуты) они были получены по всем звездам, координаты которых дает каталог Босса. Уже при вычислениях употреблялись окончательные азимуты. Для звезд координаты которых считались неизвестными в виду их отсутствия в каталоге Босса, были вычислены сначала исправленные моменты прохождения через меридиан. Для дальнейшего исследования следовало учесть ход часов. Он выводился, насколько это было возможно, из промежутков в два-четыре дня, при этом для исключения ошибок прямых восхождений избирались наблюдения одних и тех же звезд. В табл. XIX приведены непосредственно наблюдаемые ходы, с указанием числа  $n$  звездных суток, отделяющих наблюдения, из которых они определены. Некоторые ходы взяты в скобки. Такие ходы получены или с отступлением от указанного правила, или по наблюдениям на различных инструментах, или же, наконец, из недостаточного материала.

Ходы, указанные в табл. XIX, были затем графически выравнены. Результаты этой операции даны в табл. XX.

Наблюдения каждого вечера приводились к эпохе сигнала станции RAI, т. е. к  $T_0 = 21^h, 1$ . Среднее арифметическое из поправок считалось окончательным результатом первого приближения, отклонения отдельных звезд от этого среднего рассматривались как ошибки прямых восхождений. Собранные все отклонения мы пришли к числам, приведенным в табл. XXI.

Таблица XXII — Tableau XXII

Прямые восхождения дополнительных звезд — Ascensions droites des étoiles supplémentaires

| № по списку<br>№ d'après la<br>liste | $\alpha_{1924,0}$   | Эпоха<br>Époque<br>1924,0 + | Вес<br>Poids | № по списку<br>№ d'après la<br>liste | $\alpha_{1924,0}$    | Эпоха<br>Époque<br>1924,0 + | Вес<br>Poids |
|--------------------------------------|---------------------|-----------------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------|-----------------------------|--------------|
|                                      |                     |                             |              |                                      |                      |                             |              |
| 20                                   | $17^h 0^m 18^s,771$ | 0,53                        | 20           | 57                                   | $21^h 18^m 36^s,364$ | 0,58                        | 4            |
| 21                                   | 8 46 ,111           | 0,53                        | 22,5         | 58a                                  | 25 19 ,361           | 0,58                        | 5            |
| 38                                   | 19 18 52 ,530       | 0,58                        | 46           | 60                                   | 40 28 ,160           | 0,58                        | 6            |
| 40                                   | 31 58 ,666          | 0,57                        | 42           | 62                                   | 53 4 ,040            | 0,59                        | 4            |
| 42                                   | 41 45 ,721          | 0,57                        | 44           | 69                                   | 22 31 9 ,239         | 0,0                         | 2            |
| 43a                                  | 52 18 ,948          | 0,57                        | 46           | 71                                   | 45 52 ,000           | 0,62                        | 17           |
| 55                                   | 21 14 39 ,363       | 0,58                        | 52,5         | 72                                   | 50 1 ,604            | 0,61                        | 10           |

Окончательные поправки часов — Corrections définitives des pendules

| Дата<br>Date       | Инструмент<br>и<br>наблюдатель<br>Instrument<br>et obser-<br>vateur | Поправка<br>67RЖ<br>Correction<br>de 67RЖ | Ход<br>в 0 <sup>е</sup> ,001<br>Marche<br>en 0 <sup>е</sup> ,001 | Число звезд<br>времени<br>Nombre<br>d'étoiles de<br>l'heure | Инструмент<br>и<br>наблюдатель<br>Instrument<br>et obser-<br>vateur | Поправка<br>352RЖ<br>Correction<br>de 352RЖ | Ход<br>в 0 <sup>е</sup> ,001<br>Marche<br>en 0 <sup>е</sup> ,001 | Число звезд<br>времени<br>Nombre<br>d'étoiles de<br>l'heure |
|--------------------|---|---|--|---|---|---|--|---|
| 1924 г.            |   |   |  |   |   |   |  |   |
| Июль 27<br>July 27 | A   | +46,896<br>44,917                         | +57  | 25  | A'  | +10 <sup>е</sup> ,438<br>10,460             | +277   | 9<br>4  |
| 28                 |   | 44,974                                    | +60  | 15  |   | —   |  | —   |
| 30                 |   | 45,155                                    | +55  | 9   |   | 11,292                                      | +316   | 6,5   |
| Июль 1<br>July 1   | α   | 45,210                                    | +97  | 34  | α   | 11,508                                      | +301   | 18  |
| 2                  | ι   | 45,307                                    | +70  | 27  | ι   | 11,909                                      | +236   | 23  |
| 6                  | κ   | 45,588                                    | +72  | 28  | κ   | 13,093                                      | (+271)   | 26  |
| 6                  |   | 45,561                                    |  | 12  | κ   | 13,043                                      |  | 11  |
| 7                  | π   | 45,660                                    |  | 5,5   | π   | 13,364                                      | (+348)   | 1   |
| 8                  |   | 45,750                                    | (+90)  | 1,5   | π   | 13,712                                      | (+304)   | 1,5   |
| 9                  | ε   | 45,794                                    | (+44)  | 49  | ε   | 14,016                                      | +301   | 28,5  |
| 10                 |   | 45,860                                    | +66  | 40  | ε   | 14,317                                      | +306   | 29  |
| 11                 |   | 45,935                                    | +75  | 36,5  | ε   | 14,523                                      | (+340)   | 34  |
| 12                 |   | 46,006                                    | +71  | 25  | ε   | 14,963                                      | (+354)   | 1   |
| 13                 |   | 46,090                                    | +84  | 13,5  |   | 15,327                                      |  | 15,5  |
| 16                 | A   | 46,315                                    | +75  | 28  | A'  | 16,319                                      | +331   | 33  |

Таблица XXIII (продолжение) — Таблица XXIII (suite)

| Дата<br>Date | ВНИИМ—I. М.   |   |  | Пулковско—Роушково  |   |   |  |  |
|--------------|---|---|--|---|---|---|--|--|
|              | Инструмент<br>и<br>наблюдатель<br>Instrument<br>et obser-<br>vateur | Поправка<br>57R*<br>Correction<br>de 57R* | Ход<br>в 0 <sup>с</sup> ,001<br>Marche<br>en 0 <sup>с</sup> ,001 | Число звезд<br>времени<br>Nombre<br>d'étoiles de<br>l'heure | Инструмент<br>я<br>наблюдатель<br>Instrument<br>et obser-<br>vateur | Поправка<br>352R*<br>Correction<br>de 352R* | Ход<br>в 0 <sup>с</sup> ,001<br>Marche<br>en 0 <sup>с</sup> ,001 | Число звезд<br>времён<br>Nombre<br>d'étoiles de<br>l'heure |
| 1924 г.      |   |   |  |   |   |   |  |  |
| Июль 16      | A   | +46 <sup>с</sup> ,283                     | +102   | 11  | A'  | 16 <sup>с</sup> ,297                        | +327   | 8  |
| Юлиет 17     | Q   | 45,418                                    | + 44   | 36  | Q   | 16,646                                      | +345   | 27   |
| 17           | I   | 46,434                                    |  | 8   | I   | 16,590                                      |  | 10   |
| 18           | P   | 45,462                                    | +105   | 41,5  | P   | 16,991                                      | +350   | 36   |
| 19           | E   | 46,567                                    | + 82   | 41  | E   | 17,341                                      | +325   | 42   |
| 20           | E   | 46,649                                    | + 58   | 39,5  | E   | 17,666                                      | +311   | 43,5   |
| 21           | E   | 46,707                                    | + 99   | 41,5  | E   | 17,977                                      | +320   | 41   |
| 22           | E   | 46,806                                    |  | 37  | E   | 18,297                                      |  | 36   |
| 22           | A   | 46,795                                    | + 57   | 11  | A'  | 18,280                                      | +372   | 10   |
| 24           | A'  | 46,920                                    |  | 30  | A   | 19,040                                      |  | 24   |
| 24           | A'  | 46,895                                    | + 92   | 10  | A   | 19,033                                      | +363   | 10   |
| 25           | Q   | 47,012                                    | +113   | 30,5  | Q   | 19,403                                      | +377   | 27   |
| 26           | P   | 47,125                                    | + 76   | 29,5  | P   | 19,780                                      | +338   | 42   |
| 27           | E   | 47,201                                    | + 75   | 12,5  | E   | 20,118                                      | +387   | 17,5   |
| 28           | E   | 47,276                                    | +105   | 31,5  | E   | 20,505                                      | +383   | 32,5   |
| 29           | E   | 47,383                                    | +100   | 37  | E   | 20,888                                      | +368   | 41   |

29 47,381 37 20,898 41 1-368

ВНИИМ-І. М. Пулковско-Рошкоро

| Дата<br>Date | Инструмент<br>и<br>наблюдатель<br>Instrument<br>et obser-<br>vateur | Поправка<br>.57R*<br>Correction<br>de 67R* | Ход<br>в 0 <sup>г</sup> ,001<br>Marche<br>en 0 <sup>г</sup> ,001 | Число звезд<br>времени<br>Nombre<br>d'étoiles de<br>l'heure | Инструмент<br>и<br>наблюдатель<br>Instrument<br>et obser-<br>vateur | Поправка<br>352R*<br>Correction<br>de 352R* | Ход<br>в 0 <sup>г</sup> ,001<br>Marche<br>en 0 <sup>г</sup> ,001 | Число звезд<br>времени<br>Nombre<br>d'étoiles de<br>l'heure |
|--------------|---|--|--|---|---|---|--|---|
| 1924 г.      |   |  |  |   |   |   |  |   |
| Июль 31      | A'  | +47,541                                    | + 94   | 10  | A   | 215,587                                     | +394   | 11  |
| Авг. 4       | A'  | —  | —  | —   |   | 23,161                                      | +412   | 13  |
| Авг. 5       |   | 48,010                                     | +104   | 20  |   | —   | —  | —   |
| 12           |   | —  | —  | —   |   | 26,454                                      | —  | 30  |
| 12           | Q   | 48,740                                     | —  | —   |   | 26,456                                      | +440   | 9   |
| 13           |   | 48,876                                     | +120   | 35  |   | 26,894                                      | —  | 36  |
| 13           | I   | 48,850                                     | + 74   | 11  |   | —   | +441   | —   |
| 14           |   | 48,950                                     | —  | 36  |   | 27,335                                      | —  | 36  |
| 14           | K   | —  | +127   | —   |   | 27,340                                      | +435   | 12  |
| 15           |   | 49,077                                     | —  | —   |   | 27,771                                      | +393   | 35  |
| 16           |   | 49,171                                     | + 94   | 34,5  |   | 28,164                                      | +438   | 33,5  |
| 17           |   | 49,274                                     | +103   | 34  |   | 28,502                                      | +382   | 35  |
| 18           | P   | 49,365                                     | + 81   | 40  |   | 28,984                                      | —  | 33,5  |
| 18           | A'  | 49,354                                     | —  | 15  | A   | 28,992                                      | —  | 13  |

Курсивом напечатаны поправки службы времени (см. стр. 22—23); ходы, выведенные из таких поправок, также выде-  
лены курсивом. В скобки помещены ходы, полученные из недостаточного материала.

Резюмируя, можно сказать, что в первом приближении получены абсолютные ходы часов и исправления прямых восхождений звезд каталога Босса. Целью второго приближения было определение прямых восхождений дополнительных звезд. С помощью известных положений звезд Босса были получены новые поправки часов, а затем с их помощью и искомые прямые восхождения (табл. XXII).

В третьем и последнем приближении были взяты все основные и дополнительные. Окончательные поправки с помощью соответствующих параллаксов перьев хронографов даны в табл. XXIII.

Средняя ошибка в одном наблюдении характеризуется следующими цифрами:

Таблица XXIV — Tableau XXIV

Точность наблюдений — Précision des observations

| Четверть<br>Période | П р е й п и ч — P   |                | Р а к — R   |                |
|---------------------|---|----------------|---|----------------|
|                     | Место и инструмент<br>Instrument et lieu<br>d'observation |                | Место и инструмент<br>Instrument et lieu<br>d'observation |                |
| I                   | Пулково A'  | $\pm 0^s,0285$ | ВНИИМ A   | $\pm 0^s,0285$ |
| II                  | ВНИИМ A   | 0,0293         | Пулково A'  | 0,0293         |
| III                 | ВНИИМ A'  | 0,0217         | Пулково A   | 0,0217         |
| IV                  | Пулково A   | 0,0310         | ВНИИМ A'  | 0,0310         |
| I + III             | — A'  | 0,0251         | — A   | 0,0251         |
| II + IV             | — A   | 0,0302         | — A'  | 0,0302         |
| I + IV              | Пулково   | 0,0298         | ВНИИМ   | 0,0298         |
| II + III            | ВНИИМ   | 0,0255         | Пулково   | 0,0255         |
|                     | Общее среднее<br>Moyenne générale                         | $\pm 0^s,0279$ | Общее среднее<br>Moyenne générale                         | $\pm 0^s,0279$ |
|                     | $\epsilon \cdot \cos \delta$                              | $\pm 0,0143$   | $\epsilon \cdot \cos \delta$                              | $\pm 0,0143$   |

Попутно с выводом окончательных поправок были проведены специальные исследования для изучения систематических разностей, зависящих от наблюдателей, инструментов и наблюдений. Также были рассмотрены разности между наблюдениями, сделанными ночью и при сумеречном освещении. Оказалось, что ни одна из этих причин не повлияла заметно на наши наблюдения. Мы изложим здесь только тот случай, который был применен при исследовании последнего наблюдения. Наблюдения каждой ночи были разбиты на три группы, а именно:

- а) с заката солнца до 23<sup>h</sup> местного гражданского времени  
 б) с 23<sup>h</sup> до 1<sup>h</sup>  
 в) с 1<sup>h</sup> до восхода солнца.

На каждую группу приходилось 8—10 звезд времени, имевшихся в каталоге Босса; утренние часы были представлены несколько слабее. Взяв поправки такими, какими они получались неисправленными положениями Босса, мы образовали среднее каждой группе, а затем составили разности а—b и с—b. Получились следующие результаты:

|                   | a—b         | c—b          |
|-------------------|-------------|--------------|
| Прейпич . . . . . | — 0,001 ± 4 | — 0,008 ± 6  |
| Рак . . . . .     | + 0,002 ± 4 | — 0,005 ± 5  |
| Среднее . . . . . | 0,000 ± 3   | — 0,006 ± 4. |

Так как за все время наблюдений сдвиг звездного времени относительно среднего составил около 4<sup>h</sup>, то надо полагать, что случайные и систематические ошибки каталога Босса в значительной степени исключились. Приведенные числа показывают, что разницы между вечерними, ночными и утренними наблюдениями не обнаруживается. Заметим еще, что указанные средние ошибки найдены в предположении, что средняя ошибка поправки по одной звезде Босса равна ± 0,050.

## § 12. РАДИОСИГНАЛЫ

Как уже было упомянуто, прием сигналов производился по измененному способу Кука. В начале работы намечался ежедневный прием станций RET (Детское Село, 19<sup>h</sup>) и RAI (Москва, 21<sup>h</sup>), но в дальнейшем этот план пришлось изменить. Детское Село прекратило подачу сигналов на время с 7 июля по 30 августа. С другой стороны, пришло известие о начале работы станции POZ (Наузи, теперь ее позывные DFY), и ее передача сигналов в T<sub>0</sub> = 12<sup>h</sup> была включена в программу с 29 июля. В дни, когда по тем или иным причинам отпадали астрономические наблюдения, производился еще прием сигналов станции FL (теперь FLE, Париж, Башня Эйфеля, λ — 2650 м, T<sub>0</sub> — 22<sup>h</sup>).

В результате одновременных приемов, сделанных обоими наблюдателями, получались показания пулковских часов 352R\* и часов ВНИИМ 67R\*, соответствующие одному и тому же радиосигналу. Образовав разности 352R—67R и сравнив результаты соседних дней для каждой станции отдельно, мы получили относительные ходы часов 352R\* и 67R\*. Табл. XXV содержит как непосредственно наблюдаемые ходы, так и окончательные, полученные графическим выравниванием.

С ходами табл. XXV разности 352R—67R, наблюдаемые в течение дня, были приведены к одной и той же эпохе T<sub>0</sub> = 21<sup>h</sup>,1, т. е. ко времени приема сигналов RAI. Эти приведенные разно-

Таблицы XXV — Tableau XXV  
 Относительные ходы часов 352R\* и 67R\* в 0°,001 — Marches relatives des pendules 352R\* et 67R\* в 0°,001

| Дата<br>Date       | RAI  | RET        | FL         | График<br>Dia-<br>грамме | Дата<br>Date      | RAI  | RET | FL         | График<br>Dia-<br>грамме | Дата<br>Date       | RAI  | FL | POZ | График<br>Dia-<br>грамме |
|--------------------|------|------------|------------|--------------------------|-------------------|------|-----|------------|--------------------------|--------------------|------|----|-----|--------------------------|
| 1924 г.<br>Июль 27 | -243 | -234       | -          | -235                     | 1924 г.<br>Июль 7 | -234 | -   | -          | -239                     | 1924 г.<br>Июль 16 | -230 | -  | -   | -242                     |
| Июль 28            | 202  | 205<br>(2) | -          | 209                      | Июль 8            | 245  | -   | -          | 240                      | Июль 17            | 243  | -  | -   | 245                      |
| 29                 | 202  | -          | -202       | 202                      | 9                 | 236  | -   | -          | 240                      | 18                 | 263  | -  | -   | 262                      |
| 30                 | 210  | 207        | -          | 207                      | 10                | 240  | -   | -          | 244                      | 19                 | 280  | -  | -   | 268                      |
| Июль 1             | 212  | 216        | 219<br>(3) | 220                      | 11                | 248  | -   | 249<br>(6) | 248                      | 20                 | 253  | -  | -   | 270                      |
| Июль 2             | 242  | 230        | -          | 232                      | 12                | 258  | -   | -          | 253                      | 21                 | 272  | -  | -   | 273                      |
| 3                  | 220  | 215        | 226        | 220                      | 13                | 257  | -   | -          | 257                      | 22                 | 256  | -  | -   | 280                      |
| 4                  | 208  | 216        | 197        | 208                      | 14                | 254  | -   | -          | 260                      | 23                 | 314  | -  | -   | 286                      |
| 5                  | 222  | 239        | -          | 228                      | 15                | 263  | -   | -          | 255                      | 24                 | 273  | -  | -   | 276                      |
| 6                  |      |            |            |                          | 16                |      |     |            |                          | 25                 |      |    |     |                          |

Таблицы XXV (окончание) — Tableau XXV (fin)

| Дата<br>Date       | RAI  | FL  | POZ  | График<br>Dia-<br>gramme | Дата<br>Date        | RAI  | RET  | FL   | POZ  | График<br>Dia-<br>gramme | Дата<br>Date | RAI  | RET  | FL  | POZ  | График<br>Dia-<br>gramme |
|--------------------|------|-----|------|--------------------------|---------------------|------|------|------|------|--------------------------|--------------|------|------|-----|------|--------------------------|
| 1924 г.<br>Июль 26 | -278 | -   | -    | -276                     | 1924 г.<br>Август 4 | -289 | -293 | -302 | -307 | -307                     | Август 13    | -305 | -309 | -   | -385 | -337                     |
| Июль 27            | 291  | -   | -    | 285                      | Август 5            | 303  | 308  | -    | -    | 312                      | Август 14    | -300 | -329 | -   | -321 | -307                     |
| 28                 | 272  | -   | -    | 278                      | 6                   | 313  | -    | 331  | 302  | 314                      | 15           | 333  | 295  | -   | 287  | 302                      |
| 29                 | 275  | -   | -271 | 275                      | 7                   | 325  | 304  | (2)  | 307  | 313                      | 16           | 287  | 311  | -   | 308  | 300                      |
| 30                 | 280  | -   | -253 | 278                      | 8                   | 296  | 301  | 297  | -    | 310                      | 17           | 294  | 300  | -   | 302  | 302                      |
| 31                 | 280  | -   | -    | 285                      | 9                   | 300  | 318  | 310  | 321  | 310                      | 18           | 314  | -    | -   | 311  | 310                      |
| Август 1           | -    | -   | -    | 294                      | 10                  | 334  | 302  | 315  | -    | 314                      | 19           | -    | 299  | -   | 313  | 305                      |
| Август 2           | 300  | 283 | 294  | 300                      | 11                  | 305  | 334  | -    | 306  | 325                      | 20           | 288  | -    | 289 | -    | -                        |
| 3                  | 316  | -   | -    | 305                      | 12                  | 352  | 347  | -    | 328  | 338                      | 21           | -    | -    | -   | 288  | 303                      |
| 4                  | -    | -   | -    | -                        | 13                  | -    | -    | -    | -    | -                        | 22           | -    | -    | -   | 322  | 312                      |

Цифры в скобках под некоторыми ходами дают числа дней, отделяющих приемы, из которых получен ход; ходы помещены в таблице против даты, отпевающей середине промежутка времени между использованными для их вывода приемами сигнала.

Таблица XXVI—Tableau XXVI

Разность показаний часов 352\* и 67\* в  $T_0 = 21^h,1$ —Différence des lectures des pendules 352 R\* et 67R\* à  $T_0 = 21^h,1$

| Дата<br>Date | по RAI               | по RET               | по FL                | по POZ | Окончательный<br>результат<br>Résultat définitif |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------|--|
| 1924 г.      |                      |                      |                      |        |  |
| Июль 27      | 37 <sup>h</sup> ,061 | 37 <sup>h</sup> ,047 | —                    | —      | 37 <sup>h</sup> ,056                             |
| Juin 28      | 36,818               | 36,815               | —                    | —      | 36,819   |
| 29           | 36,616               | —                    | 36 <sup>h</sup> ,620 | —      | 36,615   |
| 30           | 36,414               | 36,407               | 36,418               | —      | 36,413   |
| Июль 1       | 36,204               | 36,199               | —                    | —      | 36,204   |
| Juillet 2    | 35,992               | 35,982               | —                    | —      | 35,990   |
| 3            | 35,750               | 35,752               | 35,763               | —      | 35,755   |
| 4            | 35,530               | 35,538               | 35,536               | —      | 35,534   |
| 5            | 35,322               | 35,322               | 35,339               | —      | 35,327   |
| 6            | 35,100               | 35,082               | —                    | —      | 35,094   |
| 7            | 34,863               | —                    | —                    | —      | 34,863   |
| 8            | 34,629               | —                    | 34,645               | —      | 34,634   |
| 9            | 34,384               | —                    | —                    | —      | 34,384   |
| 10           | 34,148               | —                    | —                    | —      | 34,148   |
| 11           | 33,908               | —                    | —                    | —      | 33,903   |
| 12           | 33,660               | —                    | —                    | —      | 33,660   |
| 13           | 33,402               | —                    | —                    | —      | 33,402   |
| 14           | 33,145               | —                    | 33,151               | —      | 33,145   |
| 15           | 32,891               | —                    | 32,886               | —      | 32,886   |
| 16           | 32,626               | —                    | —                    | —      | 32,626   |
| 17           | 32,396               | —                    | —                    | —      | 32,396   |
| 18           | 32,153               | —                    | —                    | —      | 32,153   |
| 19           | 31,890               | —                    | —                    | —      | 31,890   |
| 20           | 31,610               | —                    | —                    | —      | 31,610   |
| 21           | 31,357               | —                    | —                    | —      | 31,357   |
| 22           | 31,085               | —                    | —                    | —      | 31,085   |
| 23           | 30,819               | —                    | —                    | —      | 30,819   |
| 24           | 30,505               | —                    | —                    | —      | 30,505   |

Таблица XXVI (окончание) — Tableau XXVI (fin)

| Дата<br>Date | по RAI               | по RET               | по FL                | по POZ               | Окончательный<br>результат<br>Résultat définitif |         |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--|---------|
| 1924 г.      |                      |                      |                      |                      |  |         |
| Июль 25      | 30 <sup>0</sup> ,232 | —                    | —                    | —                    | 30 <sup>0</sup> ,232                             | — 264   |
| Июль 26      | 29,968               | —                    | —                    | —                    | 29,968   | — 278   |
| 27           | 29,690               | —                    | —                    | —                    | 29,690   | — 291   |
| 28           | 29,399               | —                    | —                    | —                    | 29,399   | — 271   |
| 29           | 29,127               | —                    | —                    | 29 <sup>0</sup> ,130 | 29,128   | — 275   |
| 30           | 28,851               | —                    | —                    | 28,859               | 28,853   | — 281   |
| 31           | 28,571               | —                    | —                    | 28,574               | 28,572   | — 281   |
| Авр. 1       | 28,291               | —                    | —                    | —                    | 28,291   | — 281   |
| Авг. 2       | —                    | —                    | —                    | —                    | —  | (— 300) |
| 3            | 27,691               | —                    | 27 <sup>0</sup> ,700 | —                    | 27,692   | — 318   |
| 4            | 27,375               | 27 <sup>0</sup> ,367 | —                    | —                    | 27,374   | — 292   |
| 5            | 27,086               | 27,074               | —                    | 27,082               | 27,082   | — 301   |
| 6            | 26,783               | 26,766               | 26,794               | —                    | 26,781   | — 315   |
| 7            | 26,470               | —                    | 26,463               | 26,476               | 26,466   | — 313   |
| 8            | 26,145               | 26,158               | 26,156               | —                    | 26,153   | — 298   |
| 9            | 25,849               | 25,857               | 25,859               | —                    | 25,855   | — 310   |
| 10           | 25,549               | 25,539               | 25,549               | —                    | 25,545   | — 320   |
| 11           | 25,215               | 25,236               | 25,234               | 25,210               | 25,225   | — 319   |
| 12           | 24,910               | 24,901               | —                    | 24,898               | 24,906   | — 350   |
| 13           | 24,548               | 24,554               | —                    | 24,568               | 24,556   | — 310   |
| 14           | 24,243               | 24,247               | —                    | 24,242               | 24,246   | — 315   |
| 15           | 23,943               | 23,918               | —                    | 23,925               | 23,931   | — 308   |
| 16           | 23,610               | 23,624               | —                    | 23,640               | 23,623   | — 300   |
| 17           | 23,323               | 23,313               | —                    | 23,332               | 23,323   | — 299   |
| 18           | 23,029               | 23,012               | —                    | 23,028               | 23,024   | — 313   |
| 19           | 22,715               | —                    | 22,712               | 22,715               | 22,711   | — 307   |
| 20           | —                    | —                    | —                    | 22,405               | 22,404   | — 277   |
| 21           | 22,138               | 22,116               | 22,134               | 22,116               | 22,127   |         |

сти помещены в первых столбцах табл. XXVI. Сравнение их станциям дало следующие систематические отклонения:

|                   |           |
|-------------------|-----------|
| RAI—RET . . . . . | = +0,005  |
| RAI—FL . . . . .  | = -0,006  |
| RAI—POZ . . . . . | = -0,001. |

Окончательные разности 352R—67R на каждый день получены введением этих поправок и образованием средних значений. Результатам сравнения по станции POZ придан полновесный вес, так как их эпоха отстоит от середины звездных наблюдений на 10 часов. Заметим еще, что влияние ускорения в передаче сигналов, которое в то время наблюдалось у станции POZ было исключено соответствующим подбором сигналов в приемах сделанных на обоих пунктах. Последний столбец табл. XXVI держит числа, примененные в дальнейшем ходе работы.

Средняя ошибка одной разности найдена равной  $\pm 0,008$  с учета систематических поправок и  $\pm 0,007$  после их введения. Полагая приемы в обоих пунктах равноточными, получаем соответственно для средней ошибки одного приема  $\pm 0,006$  и  $\pm 0,007$ .

### § 13. ДОЛГОТА ПО ВСЕМ НАБЛЮДЕНИЯМ ЗВЕЗД ДОЛГОТНОГО СПИСКА\*

В виду обилия материала его можно было использовать для определения искомой разности долгот различными способами, что и сделано в этом и двух следующих параграфах. Здесь мы приводим те результаты, которые получаются по всем наблюдениям звезд долготной программы. Они собраны в табл. XXV, которая содержит разность поправок  $\mu_{\text{всз}} - \mu_{\text{вн}}$  часов Пулковской и ВНИИМ, а также разность показаний этих же часов, полученную из приема сигналов. Сумма этих двух столбцов дает разность долгот  $\Delta\lambda'$ .

Результаты отдельных вечеров были объединены в средние при двух системах весов  $p$  и  $p'$ . В первом случае вес находим по формуле:

$$p = \frac{ab}{15(a+b)},$$

где  $a$  и  $b$  обозначают числа звезд, наблюдаемых в Пулковской и ВНИИМ, и единица веса соответствует  $a = b = 30$ .

Во втором случае применялась формула:

$$p' = \frac{2ab}{25(a+b)},$$

но с условием, что  $p'$  большие единицы заменяются во всех случаях единицей. Это условие равносильно допущению, что с увеличением числа звезд нельзя достигнуть более чем пятикратного

Таблица XXVII—Tableau XXVII

Долгота по всей долготной программе (результаты отдельных вечеров)  
Longitude d'après tout le programme des observations (résultats des soirées individuelles)

| Дата<br>Date             | Вес—Poids |       | $u_{\text{вс}} - u_{\text{от}}$ | 352R—67R             | $\Delta\lambda$     | $\xi_1$ | $\xi_2$ | $\Delta\lambda_{\text{ред}}$ |
|--------------------------|-----------|-------|---------------------------------|----------------------|---------------------|---------|---------|------------------------------|
|                          | $p$       | $p'$  |                                 |                      |                     |         |         |                              |
| I четверть—I période     |           |       |                                 |                      |                     |         |         |                              |
| 1924 г.<br>Июль 27       | 0,160     | 0,192 | — 34 <sup>s</sup> ,457          | 37 <sup>s</sup> ,056 | 2 <sup>s</sup> ,559 | —       | —       | —                            |
| Июль 30                  | 0,252     | 0,302 | — 33 ,863                       | 36 ,413              | 550                 | —       | —       | —                            |
| Июль 7                   | 0,056     | 0,068 | — 32 ,296                       | 34 ,863              | 567                 | —       | —       | —                            |
| Июль 8                   | 0,050     | 0,060 | — 32 ,038                       | 34 ,534              | 596                 | —       | —       | —                            |
| Июль 12                  | 0,064     | 0,077 | — 31 ,943                       | 33 ,660              | 617                 | —       | —       | —                            |
| (*)                      | 0,58      | 0,70  | —                               | —                    | 2 ,576              | + 25    | + 45    | 2 <sup>s</sup> ,566          |
| Июль 1                   | 0,78      | 0,94  | — 33 ,602                       | 36 ,204              | 602                 | + 1     | + 19    | 6,2                          |
| Июль 2                   | 0,83      | 0,99  | — 33 ,398                       | 35 ,990              | 592                 | + 9     | + 29    | 612                          |
| Июль 6                   | 0,90      | 1,00  | — 32 ,455                       | 35 ,094              | 599                 | + 2     | + 22    | 619                          |
| Июль 9                   | 0,76      | 0,91  | — 31 ,778                       | 34 ,384              | 606                 | — 5     | + 15    | 626                          |
| Июль 10                  | 1,12      | 1,00  | — 31 ,543                       | 34 ,148              | 605                 | — 4     | + 16    | 625                          |
| Июль 11                  | 1,17      | 1,00  | — 31 ,312                       | 33 ,908              | 596                 | + 5     | + 25    | 616                          |
| Июль 13                  | 0,48      | 0,58  | — 30 ,763                       | 33 ,402              | 639                 | — 38    | — 18    | 659                          |
| II четверть—II période   |           |       |                                 |                      |                     |         |         |                              |
| Июль 16                  | 1,01      | 1,00  | — 29 <sup>s</sup> ,997          | 32 <sup>s</sup> ,626 | 2 <sup>s</sup> ,629 | + 4     | — 8     | 2 <sup>s</sup> ,617          |
| Июль 17                  | 1,03      | 1,00  | — 29 ,772                       | 32 ,396              | 624                 | + 9     | — 3     | 612                          |
| Июль 18                  | 1,28      | 1,00  | — 29 ,471                       | 32 ,153              | 682                 | — 49    | — 61    | 670                          |
| Июль 19                  | 1,38      | 1,00  | — 29 ,226                       | 31 ,890              | 664                 | — 31    | — 43    | 652                          |
| Июль 20                  | 1,38      | 1,00  | — 28 ,983                       | 31 ,610              | 627                 | + 6     | — 6     | 615                          |
| Июль 21                  | 1,38      | 1,00  | — 28 ,730                       | 31 ,357              | 627                 | + 6     | — 6     | 615                          |
| Июль 22                  | 1,22      | 1,00  | — 28 ,509                       | 31 ,085              | 576                 | + 57    | + 45    | 564                          |
| III четверть—III période |           |       |                                 |                      |                     |         |         |                              |
| Июль 24                  | 0,89      | 1,00  | — 27 <sup>s</sup> ,880          | 30 <sup>s</sup> ,505 | 2 <sup>s</sup> ,625 | 0       | — 4     | 2 <sup>s</sup> ,621          |
| Июль 25                  | 0,95      | 1,00  | — 27 ,609                       | 30 ,232              | 623                 | + 2     | — 2     | 619                          |
| Июль 26                  | 1,16      | 1,00  | — 27 ,345                       | 29 ,968              | 623                 | + 2     | — 2     | 619                          |
| Июль 27                  | 0,49      | 0,58  | — 27 ,083                       | 29 ,690              | 607                 | + 18    | + 14    | 603                          |
| Июль 28                  | 1,07      | 1,00  | — 26 ,771                       | 29 ,399              | 628                 | — 3     | — 7     | 624                          |
| Июль 29                  | 1,30      | 1,00  | — 26 ,493                       | 29 ,128              | 635                 | — 10    | — 14    | 631                          |
| Июль 30                  | 1,32      | 1,00  | — 26 ,225                       | 28 ,853              | 628                 | — 3     | — 7     | 624                          |
| Июль 31                  | 1,01      | 1,00  | — 25 ,950                       | 28 ,572              | 622                 | + 3     | — 1     | 618                          |
| IV четверть—IV période   |           |       |                                 |                      |                     |         |         |                              |
| Авг. 13                  | 1,18      | 1,00  | — 21 <sup>s</sup> ,982          | 24 <sup>s</sup> ,555 | 2 <sup>s</sup> ,574 | + 51    | + 47    | 2 <sup>s</sup> ,570          |
| Авг. 14                  | 1,20      | 1,00  | — 21 ,615                       | 24 ,246              | 631                 | — 6     | — 10    | 627                          |
| Авг. 15                  | 1,16      | 1,00  | — 21 ,306                       | 23 ,931              | 625                 | 0       | — 4     | 621                          |
| Авг. 16                  | 1,12      | 1,00  | — 21 ,007                       | 23 ,623              | 616                 | + 9     | + 5     | 612                          |
| Авг. 17                  | 1,17      | 1,00  | — 20 ,672                       | 23 ,323              | 651                 | — 26    | — 30    | 647                          |
| Авг. 18                  | 1,32      | 1,00  | — 20 ,371                       | 23 ,024              | 653                 | — 28    | — 32    | 649                          |

(\*) Строка, отмеченная в первой четверти звездочкой, так называемый «оборный вечер», составлена из всех строк, выше ее стоящих.  $\xi_1$  и  $\xi_2$ —уклонения от среднего результата данной четверти и общего среднего, образованных из весами  $p'$ .  $\Delta\lambda_{\text{ред}} = \Delta\lambda + \xi_2 - \xi_1$ . К величине  $\Delta\lambda_{\text{ред}}$  мы перенесем дальше на стр. 54—55. Уклонения  $\Delta\lambda_{\text{ред}}$  от своего среднего также равны числам  $\xi_1$ .

ного уменьшения случайной ошибки одного наблюдения (вес по-  
 чается равным единице при  $a = b = 25$ ). И действительно  
 величина, так и ход уклонений отдельных вечеров от обще-  
 среднего (см. столбец  $\delta_2$  табл. XXVII) указывают на присутствие  
 систематических ошибок, не уничтожаемых простым увеличением  
 числа наблюдений.

Средние результаты как общие, так и по четвертям даны  
 в табл. XXVIII.

Рассматривая эту таблицу, мы заключаем, что между вы-  
 дами при весах  $p$  и  $p'$  принципиальной разницы нет, а пото-  
 мы ограничиваемся разбором результатов только второй системы.  
 Столбцы  $\varepsilon_m$  и  $\varepsilon_1$  дают в тысячных секунды средние ошибки  
 результата и единицы веса. Уклонения отдельных вечеров  
 средних результатов данных четвертей и от общего среднего  
 в системе  $p'$ , помещены в предыдущей табл. XXVII под заголов-  
 ками  $\delta_1$  и  $\delta_2$ .

Любопытно, что различные периоды работы отличаются весо-  
 разной степенью точности. Объяснить это неустойчивостью сто-  
 лба в Пулкове нельзя, так как влияние этой неустойчивости, как  
 сказали выше, было учтено, и удовлетворительность этого уч-  
 была подтверждена данными табл. XI. Зато можно провести  
 параллель между полученными результатами и характером ат-  
 сферных условий, существовавших во время наблюдений. Три  
 последние четверти отличались устойчивой жаркой погодой,  
 так что в наблюдениях пропусков не было. В первой же четверти  
 особенно в ее начале, стояли холодные ненастные дни, только  
 временами позволявшие делать наблюдения.

И если в наших наблюдениях есть систематические ошибки,  
 то, не отрицая, что до известной степени они, может быть, за-  
 сят от неустойчивости столба, мы не можем в этом виде  
 единственной и главной причины их возникновения. Приходится  
 искать других объяснений, и естественно мысль обращает-  
 к влиянию атмосферных условий, тем более, что некоторы-  
 намеки на это имеются. Во всяком случае мы полагаем, что  
 выгодно растягивать наблюдения на длительный срок, чтобы  
 они производились в различных условиях.

Обратимся теперь к изучению четырех средних результатов  
 ( $p'$  табл. XXVIII), полученных в соответствии с четырьмя периодами  
 наблюдений. Первый из них с третьим и точно так же второй  
 с четвертым соответствуют обычному расположению наблюдений,  
 при двусторонних определениях долгот, так как наблюдатели  
 и инструменты переменили в них свои места. Поэтому соот-  
 ственные попарные арифметические средние дают два неза-  
 симных значения двусторонней долготы с полностью исключенными  
 инструментально-личными ошибками:

$$a) \Delta\lambda = 2^s,613 \pm 0^s,003$$

$$b) \Delta\lambda = 2,629 \pm 0,008.$$

Долгота по всей долготной программе (средние результаты) — Longitude d'après tout le programme des observations  
(résultats moyens)

| Период<br>Période | Наблюдатель и инструмент<br>Observateur et instrument |                            | Вес а<br>P o i d s p |            |            |            | Вес а<br>P o i d s p' |            |            |             |
|-------------------|---|----------------------------|----------------------|------------|------------|------------|-----------------------|------------|------------|-------------|
|                   | П у л к о в о   | ВНИИМ                      | $\Delta\lambda$      | $\sigma_m$ | $\sigma_1$ | $\Sigma p$ | $\Delta\lambda$       | $\sigma_m$ | $\sigma_1$ | $\Sigma p'$ |
| I                 | Прейшич, P—A' . . . . .                               | Рак, R—A . . . . .         | 2',601               | ± 5        | ±13        | 6,62       | 2',601                | ± 5        | ±14        | 7,12        |
| II                | Рак, R—A' . . . . .                                   | Прейшич, P—A . . . . .     | 2',634               | ±13        | ±38        | 8,68       | 2',633                | ±13        | ±34        | 7,00        |
| III               | Рак, R—A . . . . .                                    | Прейшич, P—A' . . . . .    | 2',626               | ± 2        | ± 7        | 8,19       | 2',625                | ± 2        | ± 7        | 7,58        |
| IV                | Прейшич, P—A . . . . .                                | Рак, R—A' . . . . .        | 2',626               | ±12        | ±32        | 7,15       | 2',625                | ±12        | ±29        | 6,00        |
|                   |   | Общий результат . . . . .  | 2',622               | ± 4,8      | ±26,4      | 30,64      | 2',621                | ± 4,6      | ±24,0      | 27,70       |
|                   |   | Résultat général . . . . . |                      |            |            |            |                       |            |            |             |

При сопоставлении результатов а) и б) еще раз выступают различные точности в разные периоды работы. Мы не можем это различие объяснить неустойчивостью столба, и таким образом становится ясным, что двое наблюдателей могут получить результат разной точности, независимо от них самих, а в некоторых других случаях, вероятнее всего атмосферных.

Хотя оба значения долготы расходятся на величину, допускаемую их средними ошибками, но все-таки это расхождение больше, чем это соответствует обычно принятому взгляду на получаемую точность подобных определений. Надо думать, что такой вывод установлен потому, что двустороннее определение долготы теоретически исключает личные и инструментальные различия. При прежних методах наблюдений эти ошибки имели преобладающее значение и можно было пренебречь другими источниками ошибок. В настоящее время дело, по видимому, обстоит не так, и нельзя считать, что двустороннее определение долготы свободное от систематических ошибок и что указываемая им точность реальна. Наш опыт, насколько нам известно, по своей постановке единственный, подтверждает эту мысль. Коротко мы можем высказаться так: применение в долготных наблюдениях пассивного инструмента Бамберга с безличным микрометром и методом Кука для приема радиосигналов времени настолько понижает влияние личных и инструментальных различий, что преобладающее значение приобрели другие источники систематических ошибок, которые не исключаются двусторонним определением долготы.

Как уже было сказано, по нашему мнению, большое влияние имеют атмосферные условия и для получения результата, по возможности свободного от систематических ошибок, наблюдение следует растянуть на возможно длинный период. Это легко осуществить при односторонних наблюдениях, значение которых таким образом возрастает.

Возвращаемся теперь к двум нашим числам а) и б). При соединении их с весами, соответствующими их средним ошибкам, имеем

$$в) \Delta\lambda = 2^{\circ},615 \pm 0^{\circ},003,$$

а при равных весах:

$$г) \Delta\lambda = 2^{\circ},621 \pm 0^{\circ},008.$$

Попытаемся еще определить инструментальные и личные различия. Для этого сгруппируем четыре результата сначала по признаку одинакового расположения инструментов, т. е. первую четверть со второй и третью с четвертой. Соответствующие средние, относящиеся к фиктивному среднему наблюдателю, будут:

$$A'A) \Delta\lambda = 2^{\circ},617$$

$$AA') \Delta\lambda = 2^{\circ},625,$$

т. е. результаты до и после перемены инструментов согласуются хорошо и указывают на наличие лишь очень небольшой инструментальной разности, требующей редукции наблюдений первых двух четвертей в  $+0^{\circ},004$ , а для двух последних в  $-0^{\circ},004$ .

Далее для определения личной разности мы имеем противоречивые данные. Первая и вторая четверти, где имела место первая смена наблюдателей, обнаруживают заметную личную разность ( $0^{\circ},032$ ), требующую редукций: для первой четверти  $+0^{\circ},016$  и для второй четверти  $-0^{\circ},016$ . Результаты третьей и четвертой четвертей полностью совпадают, т. е. указывают в согласии с добавочными наблюдениями (§ 10), что личные разности равны нулю. Это противоречие может быть вызвано: или 1) изменением личного уравнения на рубеже между второй и третьей четвертями или 2) неблагоприятной комбинацией случайных и квази-случайных ошибок наблюдений. Предположим, сначала, что справедливо первое предположение. Тогда суммарные редукции к среднему наблюдателю и к среднему инструменту для этих четырех периодов наблюдений соответственно будут:  $+0^{\circ},020$ ;  $-0^{\circ},012$ ;  $-0^{\circ},004$  и  $-0^{\circ},004$ . После их введения мы получаем столбец  $\Delta\lambda_{\text{ред}}$  табл. XXVII и такой средний вывод:

$$д) \Delta\lambda = 2^{\circ},621 \pm 0^{\circ},004$$

при средней ошибке единицы веса в  $\pm 0^{\circ},022$ . Уклонения отдельных вечеров от этого среднего совпадают с числами столбца  $\delta_1$  той же таблицы.

Но могут ли считаться найденные выше редукции достаточно надежными и обоснованными. На наш взгляд нет — в большей своей части они малы и одного порядка с ошибками их определений (см. также § 10). Поэтому мы считаем наиболее правильным второе предположение, что здесь имеет место неблагоприятная комбинация ошибок наблюдения скорее всего случайного характера и в соответствии с этим принимаем, что среднее из всех неисправленных значений отдельных вечеров дает вероятнейший результат. Выполнив вычисления, мы получаем:

$$\Delta\lambda = 2^{\circ},621 \pm 0^{\circ},004_6$$

при средней ошибке единицы веса  $\pm 0,024_6$ . Столбец  $\delta_2$  в табл. XXVII дает уклонения отдельных вечеров.

К полученной разности долгот следует еще придать поправку в  $+0^{\circ},012$ , вызванную влиянием шунта в цепи хронометра Нардэн № 674 (стр. 15), так что окончательно для разности долгот между центрами столбов соответствующих обсерваторий Пулкова и ВНИИМ мы получаем значение:

$$\Delta\lambda = +2^{\circ},633.$$

Найденная нами выше сравнительно крупная величина ( $\pm 0^{\circ},025$ ) средней ошибки полновесного вечера не может быть объяснена только случайными ошибками наблюдения поправок и сравне-

ния часов по радио. Сделав предположение, что каждый вечер долготных наблюдений имеет некоторую присущую ему систематическую ошибку и что эта ошибка имеет для отдельных вечеров случайный характер, мы получаем для определения ее средней величины уравнение:

$$\varepsilon_x^2 + \left( \frac{2,28^2}{25} + 8^2 \right) \cdot 10^{-6} = 600 \cdot 10^{-6},$$

откуда

$$\varepsilon_x = 473 \cdot 10^{-6} \text{ и } \varepsilon_x = \pm 0^s,022,$$

а для одного пункта  $\varepsilon_{x1} = \pm 0^s,015$ .

О причине появления ошибки  $\varepsilon_{x1}$  можно только гадать. Наиболее вероятно предположение, что она вызвана специфическими рефракционными аномалиями данного вечера.

#### § 14. ДОЛГОТА ПО НАБЛЮДЕНИЯМ ОБЩИХ ЗВЕЗД

В наблюдениях каждого дня, выполненных в обоих пунктах, имеем значительное количество одних и тех же звезд. Определение долготы по таким общим звездам представляет интерес в том отношении, что в этом случае мы освобождаемся от ошибок в принятии прямых восхождений. Выбирая только эти звезды, мы приходим к табл. XXIX, построенной аналогично табл. XXVII, с тою лишь разницей, что здесь добавлен столбец, указывающий число общих звезд.

Веса  $p$  и  $p'$  получены делением числа общих звезд на 30,26, причем во втором случае веса большие единицы, как и в предыдущем параграфе, заменялись единицей.

Средние результаты представлены в табл. XXX.

Столбцы  $\varepsilon_m$  и  $\varepsilon_1$  дают в тысячных долях секунды среднюю ошибку результата и единицы веса.

Как и раньше, мы останавливаемся на весах  $p'$ . Соединяя первую четверть с третьей и вторую с четвертой, находим для независимых результатов:

$$\Delta\lambda = 2^s,614 \pm 0^s,003$$

$$\Delta\lambda = 2^s,628_s \pm 0^s,009,$$

откуда, если не обращать внимания на различную внутреннюю точность результатов, получаем такой простой средний вывод:

$$\Delta\lambda = 2^s,621 \pm 0^s,007.$$

Если определить влияние инструментальных и личных ошибок для каждой четверти так, как это сделано в последнем варианте предыдущего параграфа, то мы найдем следующие reductions в тысячных долях секунды: +19, -11, -4, -4. Придав эти поправки непосредственно наблюдаемым долготам, мы получим столбец  $\Delta\lambda_{\text{ред}}$  табл. XXIX и из него получим средний результат:

$$\Delta\lambda = 2^s,621 \pm 0^s,004,$$

при средней ошибке единицы веса в  $\pm 0^s,022$ .

Таблица XXIX — Tableau XXIX

Долгота по общим звездам — Longitude d'après les étoiles communes

| Дата<br>Date | Число общих звезд<br>Nombre d'étoiles communes | Вес — Poids |      | $u_{550} - u_{67}$ | 352R — 67R | $\Delta\lambda$ | $\delta_1$ | $\delta_2$ | $\Delta\lambda_{red}$ |
|--------------|--|-------------|------|--------------------|------------|-----------------|------------|------------|-----------------------|
|              |  | $p$         | $p'$ |                    |            |                 |            |            |                       |

I четверть — I période

|           |      |       |      |                       |                      |                     |     |     |                     |
|-----------|------|-------|------|-----------------------|----------------------|---------------------|-----|-----|---------------------|
| 1924 г.   |      |       |      |                       |                      |                     |     |     |                     |
| Июль 27   | 3    | 0,100 | —    | -34 <sup>5</sup> ,454 | 37 <sup>5</sup> ,056 | 2 <sup>5</sup> ,602 | —   | —   | —                   |
| juin 30   | 4,5  | 0,150 | —    | -33,868               | 36,413               | 545                 | —   | —   | —                   |
| Июль 7    | 1    | 0,033 | —    | -32,311               | 34,863               | 552                 | —   | —   | —                   |
| Juillet 8 | 1,5  | 0,050 | —    | -32,038               | 34,634               | 596                 | —   | —   | —                   |
| 12        | 1    | 0,033 | —    | -31,064               | 33,660               | 596                 | —   | —   | —                   |
| (*)       | 11   | 0,37  | 0,44 | —                     | —                    | 2,573               | +29 | +49 | 2 <sup>5</sup> ,592 |
| Июль 1    | 17   | 0,57  | 0,68 | -33,605               | 36,204               | 599                 | +3  | +23 | 618                 |
| Juillet 2 | 17,5 | 0,58  | 0,70 | -33,400               | 35,990               | 590                 | +12 | +32 | 609                 |
| 6         | 23,5 | 0,78  | 0,94 | -32,494               | 35,094               | 600                 | +2  | +22 | 619                 |
| 9         | 14,5 | 0,48  | 0,58 | -31,774               | 34,384               | 610                 | -8  | +12 | 629                 |
| 10        | 28   | 0,93  | 1,00 | -31,544               | 34,148               | 604                 | -2  | +18 | 623                 |
| 11        | 33   | 1,10  | 1,00 | -31,308               | 33,908               | 600                 | +2  | +22 | 619                 |
| 13        | 10,5 | 0,35  | 0,42 | -30,757               | 33,402               | 645                 | -43 | -23 | 664                 |

II четверть — II période

|            |      |      |      |                       |                      |                     |     |     |                     |
|------------|------|------|------|-----------------------|----------------------|---------------------|-----|-----|---------------------|
| Июль 16    | 19   | 0,63 | 0,76 | -30 <sup>5</sup> ,002 | 32 <sup>5</sup> ,626 | 2 <sup>5</sup> ,624 | +8  | -2  | 2 <sup>5</sup> ,613 |
| Juillet 17 | 23   | 0,77 | 0,92 | -29,775               | 32,596               | 621                 | +11 | +1  | 610                 |
| 18         | 34,5 | 1,15 | 1,00 | -29,473               | 32,153               | 680                 | -48 | -58 | 669                 |

(\*) Строка, отмеченная в первой четверти звездочкой, получена из всех строк выше ее стоящих; это „сборный день“. Столбцы  $\delta_1$  и  $\delta_2$  — отклонения от среднего результата данной четверти и общего среднего, образованных с весами  $p'$ . Отклонения  $\Delta\lambda_{red}$  от своего среднего (с весами  $p'$ ) равны числам  $\delta_1$ , но в III четверти следует приписать к ним — 1.

Таблица XXIX (окончание) — Tableau XXIX (fin)

| Дата<br>Date | Число общих<br>звезд<br>Nombre d'étoiles<br>communes | Вес—Poids |      | $u_{332} - u_{67}$    | 352R — 67R           | $\Delta\lambda$     | $\delta_1$ | $\delta_2$ | $\Delta$ |
|--------------|--|-----------|------|-----------------------|----------------------|---------------------|------------|------------|----------|
|              |  | $p$       | $p'$ |                       |                      |                     |            |            |          |
| 1924 г.      |  |           |      |                       |                      |                     |            |            |          |
| Июль 19      | 39,5   | 1,32      | 1,00 | -29 <sup>2</sup> ,225 | 31 <sup>2</sup> ,890 | 2 <sup>2</sup> ,665 | -33        | -43        | 2        |
| Juillet 20   | 37   | 1,23      | 1,00 | -28,984               | 31,610               | 626                 | +6         | -4         |          |
| 21           | 38,5   | 1,28      | 1,00 | -28,731               | 31,357               | 626                 | +6         | -4         |          |
| 22           | 35   | 1,17      | 1,00 | -28,509               | 31,085               | 576                 | +56        | +46        |          |

## III четверть — III période

|            |      |      |      |                       |                      |                     |     |     |   |
|------------|------|------|------|-----------------------|----------------------|---------------------|-----|-----|---|
| Июль 24    | 22   | 0,73 | 0,88 | -27 <sup>2</sup> ,884 | 30 <sup>2</sup> ,505 | 2 <sup>2</sup> ,621 | +5  | +1  | 2 |
| Juillet 25 | 19,5 | 0,65 | 0,78 | -27,509               | 30,232               | 623                 | +3  | -1  |   |
| 26         | 29,5 | 0,98 | 1,00 | -27,346               | 29,968               | 622                 | +4  | 0   |   |
| 27         | 5,5  | 0,18 | 0,22 | -27,084               | 29,690               | 606                 | +20 | +16 |   |
| 28         | 29   | 0,97 | 1,00 | -26,770               | 29,399               | 629                 | -3  | -7  |   |
| 29         | 36   | 1,20 | 1,00 | -26,493               | 29,128               | 635                 | -9  | -13 |   |
| 30         | 37   | 1,23 | 1,00 | -26,224               | 28,853               | 629                 | -3  | -7  |   |
| 31         | 27   | 0,90 | 1,00 | -25,948               | 28,572               | 624                 | +2  | -2  |   |

## IV четверть — IV période

|           |      |      |      |                       |                      |                     |     |     |   |
|-----------|------|------|------|-----------------------|----------------------|---------------------|-----|-----|---|
| Август 13 | 35   | 1,17 | 1,00 | -21 <sup>2</sup> ,982 | 24 <sup>2</sup> ,556 | 2 <sup>2</sup> ,574 | +51 | +48 | 2 |
| Août 14   | 35   | 1,17 | 1,00 | -21,614               | 24,246               | 632                 | -7  | -10 |   |
| 15        | 30,5 | 1,02 | 1,00 | -21,307               | 23,931               | 624                 | +1  | -2  |   |
| 16        | 29,5 | 0,98 | 1,00 | -21,003               | 23,623               | 620                 | +5  | +2  |   |
| 17        | 31   | 1,03 | 1,00 | -20,676               | 23,323               | 647                 | -22 | -25 |   |
| 18        | 38,5 | 1,28 | 1,00 | -20,370               | 23,024               | 654                 | -29 | -32 |   |

## Долгота по общим звездам (средние результаты) — Longitude d'après les étoiles communes

| Период<br>Période | Наблюдатель и инструмент<br>Observateur et instrument |   | В е с а }<br>P o i d s } $\rho$ |              |              |              | В е с а }<br>P o i d s } $\rho'$ |              |              |               |
|-------------------|---|---|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------------|--------------|--------------|---------------|
|                   | П у к о в о<br>P o u k o v o                          | ВНИИМ<br>I. M.                                | $\Delta\lambda$                 | $\epsilon_m$ | $\epsilon_1$ | $\Sigma\rho$ | $\Delta\lambda$                  | $\epsilon_m$ | $\epsilon_1$ | $\Sigma\rho'$ |
| I                 | Прейлис, P — A' . . . . .                             | Рак, R — A .                                  | 2 <sup>h</sup> 602              | ± 6          | ± 12         | 5,16         | 2 <sup>h</sup> 602               | ± 6          | ± 14         | 5,76          |
| II                | Рак, R — A' . . . . .                                 | Прейлис, P — A .                              | 2 633                           | ± 13         | ± 36         | 7,55         | 2 632                            | ± 13         | ± 34         | 6,68          |
| III               | Рак, R — A . . . . .                                  | Прейлис, P — A' .                             | 2 626                           | ± 2          | ± 6          | 6,84         | 2 626                            | ± 2          | ± 6          | 6,88          |
| IV                | Прейлис, P — A . . . . .                              | Рак, R — A' .                                 | 2 625                           | ± 12         | ± 31         | 6,65         | 2 625                            | ± 12         | ± 28         | 6,00          |
|                   |   | Общий результат<br>Résultat général . . . . . | 2 <sup>h</sup> 623              | ± 4,8        | ± 24,8       | 26,70        | 2 <sup>h</sup> 622               | ± 4,7        | ± 23,5       | 25,32         |

Мы, однако, как и выше, полагаем, что правильное среднее из неисправленных результатов, и тогда находим:

$$\Delta\lambda = 2^{\circ},622 \pm 0^{\circ},004,$$

при средней ошибке единицы веса в  $\pm 0^{\circ},023_5$ .

Полученные нами в этом параграфе числа очень близко ходят к прежним. Этого и следовало ожидать, так как обе звезды составляют главную массу всех наблюдений. Тем не менее это согласие указывает, что принятые окончательные правки восхождения серьезных ошибок не содержат.

#### § 15. ДОЛГОТА ПО ДАННЫМ СЛУЖБЫ ВРЕМЕНИ

Мы уже упоминали, что во время долготных наблюдений обычное течение службы времени, принятое во ВНИИМ, нарушалось. Аналогичную программу выполнял и наблюдатель находившийся в Пулкове. Таким образом мы имеем возможность получить еще одно независимое значение долготы.

Полученные поправки уже были приведены в табл. XXXI, где они напечатаны курсивом. Просмотр этих данных показывает, что в августе мы имеем два случая, когда дни наблюдений в обоих пунктах не совпадают; это было вызвано порчей фона между городом и Пулковом. Поэтому поправки часов 67<sup>не</sup> и 68<sup>не</sup> наблюдаемые 5 и 13 августа, именно  $+48^{\circ},010$  и  $+48^{\circ},860$ , заменены поправками, интерполированными на соседние дни 14 августа, соответственно равными  $+47^{\circ},910$  и  $48^{\circ},964$ . Свои полученные результаты представлена в табл. XXXI.

Таблица XXXI—Tableau XXXI

Долгота по данным службы времени—Longitude d'après les données du service de l'heure

| Дата—Date      | $u_{67} - u_{68}$ | 352R — 67R       | $\Delta\lambda$ | $\delta_1$ |
|----------------|-------------------|------------------|-----------------|------------|
| 1924 г.        |                   |                  |                 |            |
| Июль—Juin 27   | $-34^{\circ},458$ | $37^{\circ},056$ | $2^{\circ},598$ | $-11$      |
| Июль—Juillet 6 | $-32^{\circ},518$ | $35^{\circ},094$ | $576$           | $+11$      |
| 16             | $-29^{\circ},986$ | $32^{\circ},626$ | $640$           | $-53$      |
| 17             | $-29^{\circ},844$ | $32^{\circ},396$ | $552$           | $+35$      |
| 22             | $-28^{\circ},515$ | $31^{\circ},085$ | $570$           | $+17$      |
| 24             | $-27^{\circ},862$ | $30^{\circ},505$ | $2,643$         | $-13$      |
| 31             | $-25^{\circ},954$ | $28^{\circ},572$ | $618$           | $+12$      |
| Август—Août 4  | $-24^{\circ},749$ | $27^{\circ},374$ | $625$           | $+5$       |
| 12             | $-22^{\circ},284$ | $24^{\circ},906$ | $622$           | $+8$       |
| 14             | $-21^{\circ},624$ | $24^{\circ},246$ | $622$           | $+8$       |
| 18             | $-26^{\circ},372$ | $23^{\circ},024$ | $652$           | $-22$      |

Данные этой таблицы разбиты на две половины, до и после смены инструментов, произведенной 23 июля. Образую средние, находим:

$$\Delta\lambda = 2^{\circ},587 \pm 0^{\circ},015$$

$$\Delta\lambda = 2^{\circ},630 \pm 0^{\circ},006.$$

Уклонения отдельных результатов от этих средних даны в столбце с заголовком  $\delta_1$ .

Если приписать различие в результатах обеих частей влиянию инструментов, т. е. если придерживаться обычно применяемого метода обработки долготных определений, то для первой половины мы находим редукцию  $+0^{\circ},021_5$ , а для второй  $-0^{\circ},021_5$ . Введя эти поправки, мы приходим к результату:

$$\Delta\lambda = 2^{\circ},609 \pm 0^{\circ},007,$$

который можно считать удовлетворительным для рассматриваемого материала. Мы видели, однако, в двух предыдущих параграфах, что более обширные и точные ряды указывают на почти полное отсутствие инструментальных разностей. Таким образом еще раз подтверждается наша мысль, что главным источником систематических ошибок в долготных определениях являются не инструментальные и личные разности, а иные причины. Поэтому мы предпочитаем не вводить никаких поправок и ограничиваемся простым средним, так что

$$\Delta\lambda = 2^{\circ},611 \pm 0^{\circ},010$$

при средней ошибке одного вечера в  $\pm 0^{\circ},033$ . Уклонения от среднего результата дает столбец  $\delta_2$ . Этот результат согласуется с прежними в пределах их средних ошибок.

Если сопоставить данные предыдущей таблицы с результатами соответствующих вечеров наблюдений по долготному списку (табл. XXVII), то всюду замечается достаточно хорошее согласие, за исключением 17 июля. Этот вечер между прочим как раз действует в сторону увеличения разности между обеими половинами наблюдений. Интересно также отметить, что определение поправки по службе времени в Пулковке в этот день протекало в несколько иных атмосферных условиях по сравнению с теми, которые имели место до и после него во время наблюдений долготной программы: по небу тянулись высокие облака туманного вида, и изображения ухудшились настолько, что для некоторых звезд они были оценены баллом пять.

Для оценки порядка ошибок, вносимых современными часами получаемые по ним моменты радиосигналов, представляло известный интерес определить долготу по тем интерполированным поправкам, которые на каждый день дает служба времени. Поправки часов 67R\* были выведены по совокупности показаний всех основных часов ВНИИМ, т. е. кроме 67R\* были употре-

Таблица XXXII—Tableau XXXII

Долгота по интерполированным поправкам службы времени — Longitude d'après les corrections interpolées du service de l'heure

| Дата<br>Date       | Улвз     | Усет     | Δλ      | Дата<br>Date       | Улвз     | Усет     | Δλ     |
|--------------------|----------|----------|---------|--------------------|----------|----------|--------|
| 1924 г.<br>Июнь 27 | + 10,438 | + 44,896 | + 2,60* | 1924 г.<br>Июль 10 | + 14,319 | + 45,869 | + 2,60 |
| 28                 | 10,727   | 44,969   | 58      | 11                 | 14,643   | 45,944   | 61     |
| 29                 | 11,017   | 45,042   | 59      | 12                 | 14,968   | 46,016   | 61     |
| 30                 | — 11,306 | 45,122   | 60      | 13                 | 15,294   | 46,085   | 61     |
| Июль 1             | 11,596   | 45,202   | 60      | 14                 | 15,621   | 46,157   | 61     |
| 2                  | 11,885   | 45,271   | 60      | 15                 | 15,950   | 46,237   | 60     |
| 3                  | 12,174   | 45,345   | 58      | 16                 | 16,279   | 46,319   | 2,59*  |
| 4                  | 12,464   | 45,420   | 58      | 17                 | 16,610   | 46,396   | 2,61*  |
| 5                  | 12,753   | 45,491   | 59      | 18                 | 16,942   | 46,469   | 63     |
| 6                  | 13,043   | 45,551   | 2,58*   | 19                 | 17,270   | 46,544   | 62     |
| 7                  | 13,359   | 45,643   | 58      | 20                 | 17,614   | 46,616   | 61     |
| 8                  | 13,677   | 45,728   | 59      | 21                 | 17,958   | 46,689   | 63     |
| 9                  | 13,997   | 45,795   | 58      | 22                 | 18,300   | 46,758   | 63     |

| Дата<br>Date | U <sub>303</sub> | U <sub>27</sub> | Δλ     | Дата<br>Date | U <sub>552</sub> | U <sub>27</sub> | Δλ      |
|--------------|------------------|-----------------|--------|--------------|------------------|-----------------|---------|
| 1924 г.      |                  |                 |        | 1924 г.      |                  |                 |         |
| Июль 23      | + 18,656         | + 46,845        | + 2,63 | Август 5     | + 23,566         | + 48,010        | + 2,64* |
| Июль 24      | 19,014           | 46,832          | 2,59*  | Август 6     | 23,974           | 48,114          | 64      |
| 25           | 19,381           | 47,019          | 59     | 7            | 24,391           | 48,220          | 64      |
| 26           | 19,750           | 47,102          | 62     | 8            | 24,803           | 48,324          | 63      |
| 27           | 20,109           | 47,185          | 61     | 9            | 25,221           | 48,431          | 64      |
| 28           | 20,473           | 47,272          | 60     | 10           | 25,634           | 48,535          | 64      |
| 29           | 20,844           | 47,362          | 61     | 11           | 26,056           | 48,640          | 64      |
| 30           | 21,218           | 47,452          | 62     | 12           | 26,470           | 48,745          | 2,63*   |
| 31           | 21,587           | 47,541          | 2,62*  | 13           | 26,898           | 48,849          | 2,60*   |
| Август 1     | 21,965           | 47,626          | 63     | 14           | 27,314           | 48,948          | 61      |
| Август 2     | 22,352           | 47,722          | —      | 15           | 27,738           | 49,047          | 62      |
| 3            | 22,753           | 47,817          | 63     | 16           | 28,161           | 49,151          | 63      |
| 4            | 23,161           | 47,914          | 62     | 17           | 28,580           | 49,255          | 65      |
|              |                  |                 |        | 18           | 28,992           | 49,364          | 2,65*   |

блены еще часы 68R $\odot$ , 81R\* и 86R $\odot$ . Основой для интерполяции послужили поправки, наблюдаемые по обычному каталогу пассажного инструмента ВНИИМ (см. табл. XXIII), но следует отметить, что наблюдения 16 и 17 июля, 22 и 24 июля, 12 и 14 августа, как отделенные промежутками в один или два дня, объединялись перед интерполяцией попарно в соответствующие арифметические средние.

Интерполяция поправок пулковских часов 352R\* проводилась сходным путем, т. е. близкие по времени наблюдения 16 и 17 июля, 22 и 24 июля, 12 и 14 августа были попарно соединены в исходные средние и по мере возможности (с 17 июля до конца работы) использованы и показания вторых пулковских часов 24R\*. Необходимые для интерполяции суточные ходы на каждый день тех и других часов брались при этом с графика наивероятнейших истинных ходов, прочерченного по отдельным значениям наблюдений средних ходов.

Найденные описанным способом интерполированные поправки часов 352R\* и 67R\*, а также вытекающие из них и на основании данных табл. XXVI ежедневные значения разности долгот приведены в табл. XXXII.

Просмотр отдельных значений разности долгот, данных в табл. XXXII с округлением до 0<sup>г</sup>,01, показывает, что значения для дней промежуточных между датами звездных наблюдений (они отмечены в таблице звездочками), вообще говоря, очень близки к значениям, которые получились бы путем линейной интерполяции разностей долгот, относящихся к вечерам звездных наблюдений. Это обстоятельство указывает на большую точность современных часов и вполне достаточную надежность наших приемов радиосигналов.

#### § 16. ВЫВОДЫ

За наивероятнейший результат предыдущего исследования мы принимаем (см. § 13):

Столб павильона А обсерватории ВНИИМ западнее столба W Южной обсерватории Пулкова на

$$\Delta\lambda = + 2^{\circ},633 \pm 0^{\circ},005,$$

причем этот результат в виду территориальной близости Пулковской и ВНИИМ (около 18 км) можно считать не требующим reductions ни на скорость распространения электромагнитных волн, ни за колебания земного полюса.

Так как по сообщению Главной астрономической обсерватории в Пулкове столб W Южной обсерватории лежит к западу от центра обсерватории на

$$+ 0^{\circ},010,$$

непосредственная связь Пулкова с Гриничем (см. литературу, 10)  
дана для эпохи 1925,8 долготу Пулкова равной

$$\lambda = -2^{\text{h}}1^{\text{m}}18^{\text{s}},568$$

со средней ошибкой  $\pm 0^{\text{s}},003$ , то долгота столба павильона А  
обсерватории Всесоюзного института метрологии относительно  
Гринича для эпохи 1925,8 равна

$$\lambda = -2^{\text{h}}1^{\text{m}}15^{\text{s}},925 \pm 0^{\text{s}},006.$$

Согласно той же статьи Я. Беляева и Н. Днепровского  
(см. литературу, 10) редукция долготы Пулкова за колебания  
земного полюса составляет  $+0^{\text{s}},002$ , а потому долгота столба  
павильона А обсерватории Всесоюзного института метрологии,  
приведенная к среднему положению земного полюса, есть:

$$\lambda = -2^{\text{h}}1^{\text{m}}15^{\text{s}},923$$

со средней ошибкой  $\pm 0^{\text{s}},006$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Прейпич. Установление и хранение точного времени. „Временник“  
Гл. палаты мер и весов. Вып. 1 (13). Москва—Ленинград, 1925.
2. Б. Рак. О приеме ритмических сигналов по измененному способу W. E.  
F. V. Cooke. „Временник“ Гл. палаты мер и весов. Вып. 2 (14). Ленинград, 1928.
3. Н. Прейпич. Об исключении систематических ошибок электромагнит-  
ных хронографов. Там же.
4. Н. Прейпич и Б. Рак. Служба времени Гл. палаты мер и весов в  
1921-25 гг. Там же.
5. Н. Прейпич. Теория ошибок в приложении к ходам часов и хроно-  
метров и к обработке долготных наблюдений. Труды Всесоюзного научно-иссле-  
довательского института метрологии и стандартизации. Вып. 2 (18). Ленинград,  
1922 г.
6. N. Preipitch. Détermination unilatérale de longitude de la Chambre Cer-  
viale exécutée en octobre-novembre 1926. Recueil des notices sur le service de  
l'heure. Bulletin N° 10 du Comité de l'Heure à l'Observatoire de Poulkovo. Lenin-  
grad, 1931.
7. Lewis Boss. Preliminary General Catalogue of 6188 stars for the Epoch  
1900. Washington, 1925.
8. F. Renz. Katalog der Rektaszensionen von 1426 Sternen für die Epoche  
und das Aequinoctium 1915,0. Bulletin de l'Observatoire Central de Russie à Poul-  
kovo. Vol. IX,4. Ленинград, 1924.
9. L. Ambrohn. Sternverzeichnis enthaltend alle Sterne bis zur 6,5-ten  
Größe für das Jahr 1900,0. Berlin, 1907.
10. J. Beljajeff and N. Dneprovsky. Determination of the Difference  
Longitude between Pulkovo and Greenwich by Wireless. Publications de l'Obser-  
vatoire Central à Poulkovo. Série II, Vol. XXXIV. Ленинград, 1928 г.

DÉTERMINATION DE LA DIFFÉRENCE DES LONGITUDES POULKOVO—LENINGRAD (INSTITUT DE MÉTROLOGIE DE L'URSS)  
à L' AIDE DE LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

N. C. Preipitch et B. I. Rack

(Résumé)

Les auteurs donnent un exposé de leur travail sur la détermination bilatérale de la différence des longitudes entre Poulkovo et Leningrad exécutée à l'aide du télégraphe sans fil en 1924. Les déterminations de l'heure se faisaient avec des lunettes méridiennes de Bamberg aux micromètres impersonnels; la réception des signaux rythmés — par la méthode modifiée de Cook. Les constantes instrumentales des lunettes sont données dans le § 3, la description du schéma de mise en circuit des chronographes — dans le § 4, les détails de l'examen préalable des pendules et des chronographes dans le § 5.

D'après le programme du travail (§ 6) toutes les observations étaient divisées en quatre parties, sur les limites desquelles se faisait d'abord le changement des observateurs, ensuite le remplacement des instruments et enfin le second changement des observateurs. L'élaboration des observations fut rendue difficile à cause de l'instabilité du pilier W de l'observatoire sud de Poulkovo, qui fut découverte que dans le cours du travail et dont l'influence sur les résultats des observations prise en considération.

Les azimuts des lunettes méridiennes furent obtenus à l'aide de trois approximations successives, dont la première était fondée sur les positions prises du catalogue de Boss, et la dernière obtenue au moyen de la correction directe des azimuts fondée sur l'élimination des erreurs systématiques et accidentelles du catalogue de Boss. La considération des variations de l'azimut proportionnelles au temps. Pour la détermination de la différence personnelle des observateurs des observations spéciales (§ 10) furent effectuées, mais elles ne démontrèrent qu'une influence insignifiante de ce facteur. Les corrections définitives furent aussi trouvées à l'aide de plusieurs approximations, en résultat desquelles on trouva outre cela les corrections des ascensions droites des étoiles du catalogue de Boss dont on s'était servi, et, de plus, on détermina les ascensions droites des étoiles supplémentaires. Les conditions de la réception

signaux et les différences des lectures des pendules de Poulkovo et de l'Institut de Métrologie (pendules Riefler 352 R\* et 67 R\*), qui proviennent de cette réception, sont citées dans le § 12. Le calcul de la différence des longitudes est fait dans les §§ 13, 14 et 15; on y examine séparément les résultats obtenus de la considération de tout le matériel, ensuite — d'une de ses parties, ayant trait seulement aux étoiles communes, et enfin — des observations faites d'après le programme habituel du service de l'heure.

Comme résultat définitif, les auteurs trouvent pour la différence des longitudes entre le pilier W de l'Observatoire sud de Poulkovo et le pilier du pavillon A de l'Observatoire de l'Institut de Métrologie la valeur:  $\Delta\lambda = +2^{\circ},633 \pm 0^{\circ},005$  (dans la direction d'ouest de Poulkovo) ce qui donne pour la longitude du pavillon A de l'Institut de Métrologie par rapport à Greenwich pour l'époque 1925,8 le nombre:

$$\lambda = -2^{\text{h}}1^{\text{m}}15^{\text{s}},925 \pm 0^{\circ},006,$$

et, par rapport, à la position moyenne du pôle terrestre:

$$\lambda = -2^{\text{h}}1^{\text{m}}15^{\text{s}},923 \pm 0^{\circ},006.$$

La précision de ce résultat, ainsi que de tous les autres résultats, est évaluée dans l'article à l'aide des erreurs quadratiques moyennes.

# ТЕОРИЯ И УСТРОЙСТВО КОМПАРАТОРОВ ОПОЛЬЦЕРА-ПРЕЙПИЧА-БАРАНОВСКОГО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ХРОНОГРАФИЧЕСКИХ ЗАПИСЕЙ

Н. Х. Прейпич и Б. А. Орлов

## § 1. ВВЕДЕНИЕ

Для обработки ленты с хронографической записью необходим прибор, позволяющий находить отношение отрезка  $u$  (рис. 1), соответствующего доле секунды в записанном моменте интересующего нас явления, к отрезку  $v$ , являющемуся графическим изображением секундной скорости протяжки ленты



Рис. 1.

и др. и являющийся у нас в СССР, в большинстве случаев импортным прибором. Только незначительное число приборов этого типа было изготовлено отечественными механиками под руководством старшего научного сотрудника ВНИИМ И. И. Квариберга по указаниям проф. Ф. И. Блумбаха. Выпущенные приборы могли применяться для измерения хронографических записей с длиной секунды от 10 до 40 мм.

В 1927 г. под руководством И. И. Квариберга изготовлялся по заданию Главной астрономической обсерватории в Пулковке компаратор расширенного диапазона для длины секунды до 55 мм. В процессе регулировки этого прибора с полной очевидностью обнаружилось наличие систематических ошибок в нем. Математический анализ прибора Опольцера указал, что систематические ошибки не устранимы без коренного изменения его конструкции. Поиски в этом направлении, стимулированные потребностью научно-исследовательских институтов в указанных приборах, привели в 1932 г. к конструированию нового компаратора Прейпича-Барановского, названного универсальным ввиду теоретической его применимости для любых длин секунд.

как существующая литература содержит только общее описание компаратора Опольцера (№№ 1 и 3 по списку литературы), то возникла необходимость детально изучить теорию этого прибора. Эта работа была поручена Б. А. Орлову, работавшему в лаборатории времени ВНИИМ в 1931—33 гг. Нижеследующий § 2, написанный Б. А. Орловым, и разрешает поставленную задачу.

Для полноты сведений о компараторах союзного производства для хронограмм отметим еще компаратор оригинальной конструкции, исполненный покойным механиком И. А. Тимченко для Одесской астрономической обсерватории. Этот прибор также не свободен от систематических ошибок.

## § 2. О СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ОШИБКАХ КОМПАРАТОРА ОПОЛЬЦЕРА

Основные требования, предъявляемые к компараторам, служащим для измерения хронографических лент, заключаются, во-первых, в том, чтобы на них мог быть установлен интервал требуемой длины, равной длине секунды измеряемой записи, и во-вторых, чтобы расстояние сигнала, соответствующее наблюдаемому явлению, от начала интервала могло быть измерено в долях этого интервала.

На прилагаемом чертеже схематически изображено устройство компаратора Опольцера (рис. 2). Основные принципы его действия таковы.

Вдоль неподвижной направляющей  $OY$ , установленной под углом  $\alpha$  к направлению  $OX$  движения измеряемой ленты, перемещается движок  $a$  с плечом  $b$ , расположенным перпендикулярно к  $OY$ . К концу плеча  $b$  при соединен на оси  $A$  один конец стержня

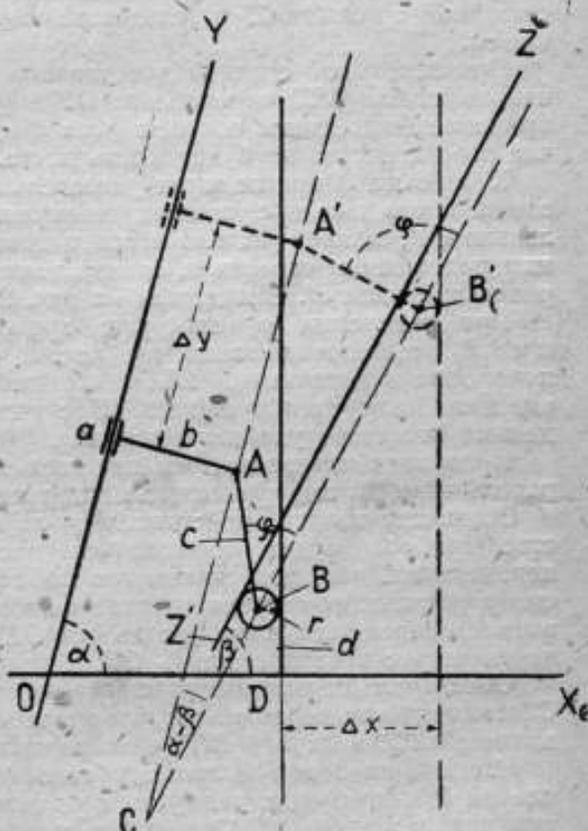


Рис. 2.

с, другой конец которого скользит при помощи ролика  $r$  с осью по второй направляющей  $Z'Z$ , расположенной под углом  $\beta$  к направлению  $OX$ .

При перемещении движка  $a$  вдоль  $OY$ , например, в положение, отмеченное пунктиром, ролик  $r$ , катясь по  $Z'Z$ , передвигает прижимаемый к нему пружиной стержень  $d$ , неизменяющий при помощи не показанного на чертеже параллельного грамма направление, перпендикулярное к  $OX$ . К стержню прикреплена нить  $d'$  (на рис. 2 буквой не обозначена), служащая для выполнения измерений в пределах установленной длины секунды. Длиной секунды является расстояние между двумя не показанными на рисунке нитями, перпендикулярными к  $OX$ , одна из которых закрепляется неподвижно в положении соответствующем крайнему правому положению нити  $d'$ , а другая соединяется с концом  $Z'$  направляющей  $Z'Z$ . Направляющая  $Z'Z$  может вращаться в некоторых пределах (в плоскости чертежа) около точки  $Z$ , чем достигается перемещение нити связанной с концом  $Z'$  и, следовательно, изменение длины секунды.

При неподвижной средней для данного прибора длине секунды направляющая  $Z'Z$  параллельна  $OY$  и  $\angle\beta = \angle\alpha$ . Очевидно, что при изменении длины секунды угол  $\beta$  меняется и в общем случае это равенство не будет иметь места.

К движку  $a$  присоединен указатель в виде стрелки, скользящий вдоль шкалы с равными делениями, установленной параллельно  $OY$ , причем начало и конец шкалы соответствуют крайним положениям стрелки и, значит, таким же положениям измерительной нити  $d'$ . Эти детали на рис. 2 также опущены.

При измерении ориентируют хронографическую ленту по правой неподвижной нити (на рис. 2 ее нет), устанавливая поворотом направляющей  $Z'Z$  необходимую длину секунды, и вращают измерительную нить  $d'$  с интересующим сигналом и делают отсчет по упомянутой шкале.

Производя измерения, мы полагаем, что перемещения измерительной нити пропорциональны перемещениям указателя.

Возникает вопрос, действительно ли при описанном устройстве прибора будет соблюдаться пропорциональность этих перемещений или, допуская такую пропорциональность, мы внесем в результаты систематические ошибки. Для выяснения этого выразим перемещение нити вдоль оси  $OX$  через соответствующее перемещение указателя вдоль  $OY$ .

Обозначим первое перемещение через  $\Delta x$ , второе через  $\Delta y$ . Обозначим еще через  $\varphi$  угол, образуемый стержнем  $c$  с направляющей  $Z'Z$  и линией  $BB'$ , ей параллельной.

Рассмотрим ломаную линию, образованную направляющей  $OZ'$ , плечом  $b$ , стержнем  $c$ , радиусом  $r$  ролика, стержнем  $d$  и замкнутой направлением  $OX$ . Отдельные составляющие ломаной образуют с направлением  $OX$  углы:  $\alpha$ ,  $(90^\circ - \alpha)$ ,  $[180^\circ - (\varphi + \beta)]$ ,  $0^\circ$

Проектируя эту ломаную на направление  $OX$  для ее положений, соответствующих отсчету  $\Delta y$  и отсчету 0 (начальное положение), и образуя разность полученных выражений, имеем:

$$\Delta x = \Delta y \cdot \cos \alpha - c [\cos (\varphi + \beta) - \cos (\varphi_0 + \beta)], \quad (1)$$

где  $\varphi_0$  — значение угла  $\varphi$  при движении, установленном в начальное положение.

Для выражения угла  $\varphi$  через  $\varphi_0$  воспользуемся треугольниками  $CA'B'$  и  $CAB$ , для которых можно написать:

$$\frac{\overline{CA} + \Delta y}{\sin (180^\circ - \varphi)} = \frac{c}{\sin (\alpha - \beta)} \quad \text{и} \quad \frac{\overline{CA}}{\sin (180^\circ - \varphi_0)} = \frac{c}{\sin (\alpha - \beta)}$$

что, по выполнению простейших преобразований и исключении неизвестной стороны  $\overline{CA}$ , дает:

$$\sin \varphi - \sin \varphi_0 = \frac{\Delta y}{c} \sin (\alpha - \beta) \quad (2)$$

Из полученных выражений видно, что при параллельности направляющих  $Z'Z$  и  $OY$ , вторые члены правых частей в выражениях (1) и (2) обращаются в нуль, и мы имеем полную пропорциональность перемещений:

$$\Delta x = \Delta y \cdot \cos \alpha$$

При несоблюдении же этого условия множитель при  $c$  (выражение 1) будет иметь переменное значение, отличное от нуля, и явится источником систематических ошибок.

Преобразуем выражение (1), пользуясь известными тригонометрическими формулами для  $\cos (\varphi + \beta)$  и  $\cos (\varphi_0 + \beta)$ , формулой (2) и вытекающим из нее выражением:

$$\cos \varphi - \cos \varphi_0 = -\frac{\Delta y}{c} \cdot \sin (\alpha - \beta) \cdot \operatorname{tg} \frac{1}{2} (\varphi + \varphi_0)$$

В результате получаем:

$$\Delta x = [\cos \alpha + \sin \beta \cdot \sin (\alpha - \beta) + \cos \beta \cdot \sin (\alpha - \beta) \cdot \operatorname{tg} \frac{1}{2} (\varphi + \varphi_0)] \Delta y \quad (3)$$

Если через  $\varphi_1$  мы обозначим значение угла  $\varphi$  для конца шкалы, то ясно, что, считая перемещения  $\Delta x$  пропорциональными  $\Delta y$ , мы предполагаем, что для любой точки шкалы справедлива зависимость:

$$\Delta' x = [\cos \alpha + \sin \beta \cdot \sin (\alpha - \beta) + \cos \beta \cdot \sin (\alpha - \beta) \cdot \operatorname{tg} \frac{1}{2} (\varphi_1 + \varphi_0)] \Delta y \quad (4)$$

Вычитая (3) из (4), мы получим ошибку  $\varepsilon'$  положения нити  $d'$ :

$$\varepsilon' = \cos \beta \cdot \sin (\alpha - \beta) [\operatorname{tg} \frac{1}{2} (\varphi_1 + \varphi_0) - \operatorname{tg} \frac{1}{2} (\varphi + \varphi_0)] \Delta y$$

или, выражая ошибку в долях секунды:

$$\varepsilon = \cos \beta \cdot \sin (\alpha - \beta) \left[ \operatorname{tg} \frac{1}{2} (\varphi_1 + \varphi_0) - \operatorname{tg} \frac{1}{2} (\varphi + \varphi_0) \right] \frac{\Delta y}{l},$$

где  $l$  линейная величина секундного интервала.

Для выяснения вопроса о величине получающихся таким образом ошибок был исследован компаратор Опольцера № 1312 лаборатории времени ВНИИМ.

Для этого прибора равенство углов  $\alpha$  и  $\beta$  осуществляется при  $l = 22,5$  мм,  $\alpha = 83^{\circ},5$  и  $c = 35$  мм; длина всей шкалы равна 200 мм, причем последняя разделена на 100 частей.

Измерения и вычисления были проделаны для двух случаев  $l = 30$  мм и  $l = 40$  мм. Этим значениям соответствуют следующие значения  $\beta$  и  $\varphi_0$ :

$$\begin{aligned} \text{при } l = 30 \text{ мм} \quad \beta &= 81^{\circ},5 \quad \varphi_0 = 15^{\circ},0 \\ \text{при } l = 40 \text{ мм} \quad \beta &= 78^{\circ},0 \quad \varphi_0 = 357^{\circ},5. \end{aligned}$$

Вычисления были проделаны через каждую десятую часть шкалы, причем сначала для каждой точки вычислялся угол по формуле (2) (угол  $\varphi$ , вычислялся по этой же формуле), затем с полученным значением вычислялась ошибка по формуле (5).

В результате были получены значения ошибки  $\varepsilon$  в тысячных долях секунды, представленные в табл. I.

Таблица I—Tableau I

Сопоставление вычисленных и наблюдаемых систематических ошибок компаратора Опольцера № 1312

Comparaison des erreurs systématiques calculées et observées du relevé d'Oppolzer № 1312

| $\Delta y$<br>в тысячных до-<br>лях секунды<br>$\Delta y$ — en milliè-<br>mes de seconde | Вычисленные ошибки<br>Erreurs calculées |             | Наблюдаемые ошибки<br>Erreurs observées |             |
|--|---|-------------|---|-------------|
|  | $l = 30$ мм                             | $l = 40$ мм | $l = 30$ мм                             | $l = 40$ мм |
| 0  | 0                                       | 0           | 0                                       | 0           |
| 100  | 0                                       | +3          | +1                                      | +3          |
| 200  | +1                                      | +5          | +1                                      | +5          |
| 300  | +1                                      | +6          | +1                                      | +6          |
| 400  | +1                                      | +7          | +1                                      | +6          |
| 500  | +1                                      | +7          | +3                                      | +7          |
| 600  | +1                                      | +7          | +1                                      | +7          |
| 700  | +1                                      | +6          | +2                                      | +7          |
| 800  | +1                                      | +5          | +3                                      | +6          |
| 900  | 0                                       | +3          | +1                                      | +5          |
| 1000   | 0                                       | 0           | 0                                       | +4          |

Последние два столбца табл. I содержат значения ошибок, полученных научным сотрудником лаборатории времени

С. М. Терешковой еще в 1927 г. путем измерения интервалов на равномерной шкале. Как видно из сопоставления чисел, вычисленные значения ошибки дают достаточно хорошее согласие с наблюдениями, в особенности для  $l=40$  мм. Очевидно, что при изменении длины секунды в другую сторону ( $l < 22,5$  мм;  $l > a$ ) ошибки будут того же порядка, но обратного знака. При измерении на компараторе Опольцера средняя ошибка одного отсчета равна  $\pm 0,005$ , что дает для среднего из 10 отсчетов ошибку  $\pm 0,001$ . Из приведенной таблицы видно, что при сравнительно небольшом отступлении длины секунды от среднего значения, присущего данному прибору, систематические ошибки меньше случайных ошибок измерения и ими вполне можно пренебречь. Если же это отступление достаточно велико (как в нашем случае при  $l=40$  мм), то систематические ошибки, входящие в результат измерения, превосходят случайные, в наименее благоприятном случае, более чем в 4 раза. Полученные результаты говорят об ограниченной пригодности компаратора Опольцера для производства измерений в том смысле, что данным прибором можно измерять, не внося в результат заметных систематических ошибок, только такую запись, которая сделана с длиной секунды, близкой к средней длине секунды этого прибора.

### § 3. УНИВЕРСАЛЬНЫЙ КОМПАРАТОР ПРЕЙПИЧА-БАРАНОВСКОГО

Спроектированный на основе компаратора Опольцера универсальный компаратор схематически изображен на рис. 3 и в основном состоит из следующих частей:

- 1) поворотной направляющей  $Y$  с двумя перпендикулярными к ней жесткими равной величины плечами  $e$  и  $e'$ , через одно из которых проходит ось  $f$  поворота направляющей, а в другом помещен штифт-водитель  $g$ ;
- 2) движка  $a$ , посаженного на направляющую  $Y$ , с жестким плечом  $b$ , несущим на конце ролик  $r$ ;
- 3) прямолинейного стержня  $d$ , неизменно прижатого к ролику  $r$ , могущего перемещаться лишь параллельно себе (в плоскости чертежа) и имеющего на своем нижнем конце измерительную нить  $d'$ ;
- 4) вспомогательной направляющей  $OX$  с неподвижной нитью  $k$  и движком  $i$  с регулируемой нитью; движок  $i$  сочленен с плечом  $e'$  при помощи серьги  $h$  и упомянутого ранее штифта-водителя  $g$ .

Детали, не имеющие значения для уяснения принципиальной стороны прибора, как-то: винт и оттяжная пружина, удерживающие направляющую  $Y$ ; параллелограмм и пружина, обеспечивающие параллельность перемещения стержня  $d$  и измерительной нити  $d'$ , и т. п., на рисунке опущены.

Плечу  $b$  движка  $a$  приданы такие размеры, а его движение так ограничено, что проекция следа движения оси ролика  $r$  на

плоскость чертежа изображается прямой, проходящей через точки  $g$  и  $f$ , а крайние положения оси ролика  $r$  соответственно проектируются в точки  $f$  и  $g$ , т. е. в ось вращения направляющей  $Y$  и центр штифта-водителя  $g$ .

Процесс измерения ленты на универсальном компараторе таков же как на компараторе Опольцера, т. е. хронографическая лента перемещаемая параллельно направлению  $OX$ , ориентируется неподвижной нити  $k$ , поворотом направляющей  $Y$  регулируемую нить  $i$  приводит к

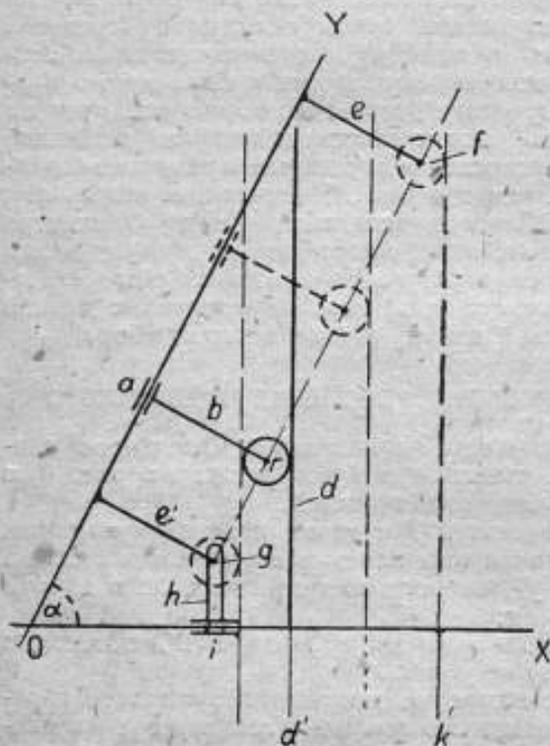


Рис. 3.

к совпадению с началом секундного интервала (устанавливается длина секунды), подвижную нить  $d'$  наводится при помощи движка  $a$  в интересующий момент. Положение движка, считанное по шкале направляющей  $Y$ , дает искомую долю секунды.

При описанной конструкции смещение измерительной нити вдоль оси  $OX$  будет всегда пропорциональным перемещению движка  $a$  вдоль направляющей  $Y$  при любом допустимом конструкцией прибора значении угла  $\alpha$  между этими направлениями, так как мы всегда имеем вполне точное соотношение

$$\Delta x = \Delta y \cdot \cos \alpha.$$

Точно так же, из условий совпадения оси ролика  $r$  в ее крайних положениях с осями  $f$  и  $g$ , непосредственно следует, что раз достигнутое путем регулировки прибора совпадение измерительной нити  $d'$  в ее крайних положениях с неподвижной нитью  $k$  и регулируемой  $i$  не нарушится при любых конструктивных возможных поворотах направляющей  $Y$ , т. е., что нитями  $k$  и  $i$  можно безошибочно пользоваться для установки любой длины секунды, допустимой емкостью прибора.

Из сказанного видно, что в универсальном компараторе устранен основной недостаток компаратора Опольцера — сложный

движение ролика  $r$ , вызванное наличием двух направляющих: неподвижной  $OY$  и поворотной  $Z'Z$ , наклоненных друг к другу под углом  $(\alpha - \beta)$ , а также креплением ролика  $r$  на конце шарнирного стержня  $b, c$  (рис. 2); в универсальном компараторе мы имеем только одну поворотную направляющую  $Y$ , и ролик  $r$  всегда полностью повторяет перемещение движка. Другим принципиальным отличием универсального компаратора является совпадение оси ролика  $r$  в его крайних положениях с осью  $f$  поворота направляющей  $Y$  и с осью  $g$  штифта-водителя, перемещающего регулирующую нить  $i$ , чего в компараторе Опольцера также нет. Между тем, указанные условия необходимы для простейшего переконструирования компаратора Опольцера с целью устранения его систематических ошибок. Случайно, в период изготовления пробного универсального компаратора нам удалось скользя ознакомиться с прецизионным компаратором Riefleer'a, имеющимся в Астрономическом институте им. Штериберга. В этом компараторе, также являющемся измененной конструкцией прибора Опольцера, сохранены две направляющие — неподвижная и поворотная; перемещаемый наблюдателем движок посажен на неподвижную направляющую; этот первый движок особым образом связан со вторым движком, скользящим по поворотной направляющей, и уже лишь этот последний вызывает перемещение измерительной нити. О достоинствах этого прибора сведений не имеется, но явным минусом его является относительно тугое перемещение движков, вызванное усложненной конструкцией.

Основные принципы конструкции универсального компаратора были установлены в главнейших чертах еще в 1927 г. Последнее условие — о выборе точки  $g$  сочленения между плечом направляющей  $Y$  и движком  $i$  с регулируемой нитью было сформулировано лишь позднее, в 1932 г., под давлением производственного плана мастерских ВНИИМ, намечавшего производство партии компараторов Опольцера. Конструктивную разработку чертежей универсального компаратора выполнял конструктор мастерских Ф. И. Барановский, придавший универсальному компаратору его современный вид и явившийся таким образом активнейшим соавтором при составлении окончательного проекта (авторское свидетельство № 39407), изображенного в своем общем виде на рис. 4.

Теоретически универсальный компаратор совершенно свободен от систематических ошибок, что до известной степени оправдывает его название „универсальный“. На практике неточности в выполнении и юстировке отдельных его частей, а также упругая их деформация могут вызвать появление таких ошибок. При проверке 29 универсальных компараторов, пропущенных через лабораторию времени ВНИИМ, в 23 приборах пропорциональность перемещений выполнялась с точностью 0,1% от общей длины шкалы, в 5 приборах с точностью 0,2% и в 1 приборе с точностью

0,3%, что указывает на удовлетворительное приближение измерительных приборов к требованиям практики.

Универсальные компараторы могут применяться для измерения на основе секундного или двухсекундного интервала. Вполне очевидно, что в последнем случае абсолютная величина ошибки

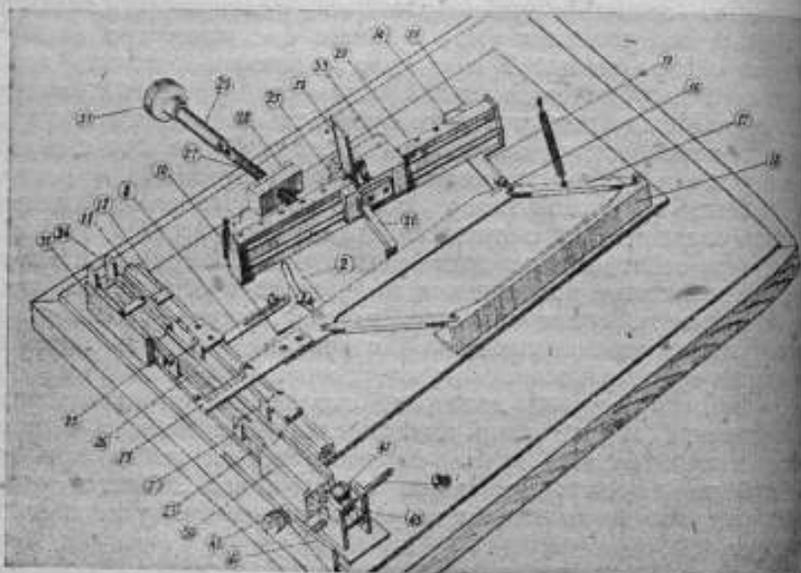


Рис. 4.

вносимой прибором, будет в два раза больше. Поэтому измерения рекомендуется производить на основе секундного интервала. В заключение этой статьи приводим инструкцию для применения универсального компаратора.

#### Инструкция для применения универсального компаратора при измерении хронографической ленты

1. Назначение прибора. Универсальный компаратор предназначен для измерения хронографической записи, произведенной на нормальной ленте в 20 мм шириною при длинах секундных (т. е. при секундной скорости протяжки ленты) от 10 до 40 мм.
2. Описание прибора. В приборе (рис. 4) имеются следующие части:

направляющая—10 с измерительной шкалой—20 и движком указателем—25; гайка с накаткой—14, служащая для закрепления направляющей (применяется только при перевозках); винт—2

съемной головкой—29—53— для регулировки положения направляющей в зависимости от длины секунды на записи; параллелограмм—16—17—18, несущий измерительную нить — рамка — 8 с регулируемой нитью, служащей для контроля установки на данную длину секунды, и рамка—7 с неподвижной нитью, служащей для контроля установки ленты в правильное для измерений положение; отникелированный паз — 26 для ленты с зеркально-полированными верхними краями и лентопротяжные валики—43—47 с выдвигной рукояткой—40—41.

Отдельно к прибору прилагается катушка для намотки хронографической ленты.

3. Подготовка прибора к измерениям. Перед началом измерения откидывают и снимают с петель крышку прибора, освобождают гайку—14, надвигают на винт—27 его съемную головку—29—53, помещенную в отдельной укладке в крышке прибора. Затем проверяют совпадение измерительной нити—13 с регулируемой нитью—8 и неподвижной—7 при крайних положениях движка (надписи 0—10, отсчеты 0—100 сотых). Совпадение нитей—8 и 13 регулируется при выпуске прибора раз навсегда, а потому, если таковое расстроилось, то недостаток может быть устранен лишь путем ремонта. Недостатки же в совпадении нитей — 13 и 7 могут быть в любое время устранены самим наблюдателем. Для этого достаточно ослабить четыре винта, крепящие рамку — 7 к детали — 12, отрегулировать положение нити — 7 по нити — 13 (движок прибора должен быть при этом на сотом делении) и снова зажать упомянутые винты. Если результат проверки совпадения нитей удовлетворителен, то выдвигают до защелкивания рукоятку лентопротяжного валика, и прибор готов к измерениям.

Разумеется, все нити — 7, 8 и 13 должны быть всегда туго натянуты. Ослабшую нить выгоднее всего заменить, натянув подходящего цвета человеческий волос.

Для достижения плавного хода отдельных частей прибора рекомендуется по мере надобности менять смазку на трущихся поверхностях, применяя для этого желтый достаточно жидкий вазелин.

4. Выполнение измерений. Подлежащая измерению размеченная хронографическая лента протаскивается под скобкой — 14, затем сквозь паз — 26 и подается в лентопротяжные валики — 43—47. Далее, действуя рукояткой—41 лентопротяжного валика, подводят под неподвижную нить — 7 правую (старшую) секундную марку на ленте, ограничивающую тот секундный интервал, в котором расположилась измеряемая сигнальная марка. Добившись правильного положения ленты хронографа относительно нити—7, действуют винтом 27—29—53 и перемещают направляющую—10, а значит и регулируемую нить—8 так, чтобы эта нить проектировалась на левую (младшую) секундную марку нашего интервала.

После этого достаточно навести при помощи движка — 25 подвижную нить — 13 на измеряемую сигнальную марку. Штрих-указатель движка покажет тогда на шкале тот отсчет в сотых долях секунды, который соответствует данному положению сигнальной марки между секундными марками. Самый отсчет дополняется при помощи зеркала — 58.

При выполнении всех наводок нитей необходимо держать глаз в той из перпендикулярных к ленте плоскостях, которая проходит через данную нить. Глаз будет расположен правильно тогда, когда изображение нити, отраженное в полированном закрайке паза — 26, покрывается самой нитью.

Пример: пусть разметкой хронографической ленты установлено, что интересующая нас сигнальная марка расположена между 36-й и 37-й секундами ближе к 37-й секунде так, что глаз грубый отсчет момента сигнала есть 36,6 сек. (рис. 1).

При измерении марку „37 секунд“ подводят (рукоятка — 4) под неподвижную нить — 7, регулирующую нить — 8 наводят (винт — 27 — 29 — 53) на марку „36 секунд“, измерительную нить — 13 наводят (движок — 25) на сигнальную марку \*. Пусть штрих-указатель движка остановился на 61-м штрихе шкалы прибора. Тогда точный момент сигнала будет 36,61 сек.

5. Уборка прибора после измерений. По окончании измерений надлежит стереть мягкой тряпочкой, а где нужно кисточкой, накопившуюся пыль, поставить движок-указатель — 25 на отсчет 0 (т. е. в крайнее нижнее положение), установить направляющую — 10 лучше всего на большую длину секундной нити, убрать головку — 29 — 53 винта — 27 в ее укладку, убрать в рабочее положение рукоятку — 40 — 41, приподняв предварительно для этого пружину-зашелку при детали — 39 и закрыть прибор крышкой, надев ее для этого на петли.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. П. Н. Долгов. Пассажный инструмент. Москва, 1935.
2. Г. Р. Федоров. О личных разностях результатов при измерении хронографических записей. Геодезист, 1928 г. № 9, стр. 12.
3. L. Ambronn. Handbuch der Astronomischen Instrumentenkunde, B. I. Berlin, 1899.
4. R. Livländer. Determination of the Longitude of the Tartu Observatory by Wireless. Publications de l'Observatoire Astronomique de l'Université de Tartu (Dorpat). T. XXVII, № 3, p. 23. Tartu, 1931.
5. Проспекты фирм Favag (6. Favarger) и Riefler.

# LA THÉORIE ET LA CONSTRUCTION DES RELEVEURS D'OPPOLZER ET DE PREIPITCH-BARANOVSKY POUR LA MESURE DES CHRONOGRAMMES

N. C. Preipitch et B. A. Orlof

(Résumé)

Les appareils d'Oppolzer pour la mesure des bandes de chronogramme ne sont exempts d'erreurs systématiques que dans les limites relativement étroites des longueurs de secondes. La formule (5) basée sur la théorie élaborée dans le § 2 par B. A. Orlof donne l'expression des erreurs systématiques de l'appareil d'Oppolzer. Le tableau I compose les résultats de l'examen théorique et expérimental d'un de ces appareils. Dans le § 3 on donne la description du releveur universel du système Preipitch-Baranovsky élaboré par le constructeur E. I. Baranovsky sur la base des idées développées par N. C. Preipitch. Ce releveur est théoriquement exempt d'erreurs systématiques pour des longueurs voulues de secondes. Une skétch de ces appareils (fig. 4) a été construite dans les ateliers de l'Institut de Métrologie de l'URSS et elle a justifié les espérances qu'on avait conçues d'elle. L'article se finit par une instruction pour l'emploi de ce releveur universel.

---

## О СРЕДНИХ ОШИБКАХ ЧИСЛЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ФУНКЦИЙ ИНТЕРПОЛИРОВАННЫХ ИЗ ТАБЛИЦ

Н. Х. Прейпич

При составлении вспомогательных таблиц с целью ускорения и облегчить выполнение вычислений по какой-либо заданной тематической формуле или при применении для таких вычислений уже существующих таблиц, нередко требуется оценить погрешность вычисления, вызываемую применением таблиц того или иного вида, так как только такая оценка может решить вопрос об их пригодности или недостаточности для тех или иных вычислений. Подсчет максимальной погрешности вычислений на основе предельных погрешностей в значениях каких-либо табулированных функций, вообще говоря, не всегда позволяет произвести сравнительную оценку пригодности тех или иных вспомогательных таблиц, так как сопоставляемые таблицы иногда могут быть основаны на существенно различных математических формулах и на применении различных математических функций. Такое положение вещей может встретиться при оценке преимуществ вычисления многочленных формул на арифмометре по сравнению с их логарифмическим вычислением и т. п. Оценка вычислительной точности с помощью средней квадратичной ошибки вычисления может оказаться в таких случаях более чувствительной и, значит, более пригодной для обоснования решающего вывода о преимуществах того или иного способа вычисления или тех или иных вспомогательных таблиц. Но вывод средней квадратичной ошибки вычисления какого-либо результата требует прежде всего знания средней<sup>1</sup> ошибки взятого из какой-либо таблицы значения некоей функции. Выборка значения функции из таблицы может быть сделана двояко: 1) без интерполяции путем выборки готового табличного значения и 2) с линейной интерполяцией, чаще всего на десятые доли табличного интервала на основе допущения<sup>2</sup> о пропорциональности изменений аргу-

<sup>1</sup> Во всей статье термин „средняя ошибка“ имеет смысл: „средняя квадратичная ошибка“.

<sup>2</sup> При всем дальнейшем изложении принимаем, что ошибки, вносимые некоторой точностью допущения о пропорциональности изменений аргумента и функции, являются величинами второго порядка малости по сравнению с ошибками округлений, так как обычно это обстоятельство принимается в расчет при выборе табличного интервала функций.

та и самой функции. Оговоримся еще, что мы рассматриваем случай математически точных функций, т. е. таких, ошибки значений которых обусловлены исключительно ошибками округлений, сделанных место при составлении таблицы. Итак, установим возможные средние ошибки: 1) одного табличного значения табулированной функции и 2) одного интерполированного из таблицы значения, полученного путем линейной интерполяции на некую десятичную долю табличного интервала.<sup>1</sup>

При вычислении таблиц помещаемые в них функции округляются с ошибками, не превосходящими 0,5 единицы последнего десятичного знака, что, упрощенно, можно представить в виде десяти из десяти следующих значений:

$\pm 0,5; + 0,4; + 0,3; + 0,2; + 0,1; 0,0; - 0,1; - 0,2; - 0,3$  и  $- 0,4$ .

Среднее квадратичное из этих значений есть:

$$\varepsilon_0 = \sqrt{0,085} = \pm 0,29. \quad (1)$$

Величина  $\varepsilon_0$  вместе с тем характеризует среднюю ошибку округления, допускаемую при интерполяции на десятые доли табличного интервала.

Найденное значение  $\varepsilon_0$  только отчасти оценивает среднюю ошибку округления табличных данных в виду сделанного выше произвольного выбора только десяти возможных ошибок. На самом же деле вычисление таблиц делается всегда с некоторым числом лишних десятичных знаков, так что ошибки округления (в долях единицы последнего десятичного знака) могут принимать в абсолютной величине любые значения в пределах от  $1 \cdot 10^{-n}$  до  $(y-1) \cdot 10^{-n}$ , где  $y = 5 \cdot 10^{n-1}$ , а  $n$  есть число избыточных разрядов десятичных знаков, подвергающихся в дальнейшем округлению.

Сумма квадратов всех возможных значений ошибки округления представляется в этом общем случае рядом:

$$[0^2 + 1^2 + 2^2 + \dots + (y-1)^2 + (-1)^2 + (-2)^2 + \dots + (-y+1)^2] 10^{-2n}$$

в числе всех слагаемых равно:

$$1 + (y-1) + (y-1) = 2y-1.$$

Величина суммы квадратов легко подсчитывается на основании формулы:

$$1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + x^2 = \frac{1}{6}x(x+1)(2x+1),$$

<sup>1</sup> В процессе завершения данной статьи обнаружил сходные с нею работы И. Цингера и Н. Н. Матусевича (см. литературу, 1, стр. 75 и 3, стр. 65-66). Но так как примененный мною способ вывода средних ошибок дает иное и более элементарное решение вопроса, чем у указанных авторов, я счел полезным указать и свою работу, тем более, что она содержит сравнительную оценку точностей логарифмических и тригонометрических вычислений.

которая в данном случае приводит к выражению:

$$\left[ \frac{1}{3}(y+1)y(2y-1) \right] 10^{-2n}.$$

Среднее квадратичное значение ошибки округления получается таким образом из предела выражения:

$$\varepsilon_i^2 = \lim_{y \rightarrow \infty} \frac{1/3 (y+1)y(2y-1) 10^{-2n}}{2y-1},$$

равного:

$$\varepsilon_i^2 = \frac{1}{3} y^2 \cdot 10^{-2n}.$$

После замены  $y$  через его значение  $5 \cdot 10^{n-1}$  находим численное значение (в долях единицы последнего десятичного знака) нашей средней ошибки взятого на удачу табличного значения любой-либо табулированной функции:

$$\varepsilon_i = \sqrt{\frac{1}{3} \cdot 5^2 \cdot 10^{2n-2} \cdot 10^{-2n}} = \sqrt{0,0833 \dots} = \pm 0,28,$$

что, между прочим, весьма близко согласуется с найденным ранее приближенным значением (1).

Для подсчета средней квадратичной ошибки значения некоторой функции, полученного путем интерполяции на  $\frac{k}{10}$  табличном интервала, составим сначала уравнение действительной ошибки интерполированного и, затем, округленного значения. Эта ошибка равна:

$$\lambda = \lambda_1 + \frac{k}{10} (\lambda_2 - \lambda_1) + \lambda_0,$$

где  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  — действительные ошибки округления двух соседних табличных значений, допущенные при составлении таблицы,  $\lambda_0$  — любое число, определяемое неравенствами:

$$0 < k < 10,$$

$\lambda_0$  — ошибка округления интерполированного значения. Представившему выражению придаем такой вид:

$$\lambda = \frac{10-k}{10} \lambda_1 + \frac{k}{10} \lambda_2 + \lambda_0.$$

Значения действительных ошибок  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  отличаются друг от друга на величины, определяемые табличным интервалом, и поэтому, вообще говоря, не могут рассматриваться как случайные ошибки. Только то обстоятельство, что два исходных для интерполяции значения табулированной функции берутся по обстоятельствам вычисления из некоторого случайного участка табл...

позволяет нам применить к уравнению (3) теорему о составлении средней квадратичной ошибки результата, согласно которой получаем:

$$\varepsilon^2 = \varepsilon_0^2 + \varepsilon_1^2 \left[ \left( \frac{10-k}{10} \right)^2 + \left( \frac{k}{10} \right)^2 \right] = \varepsilon_0^2 + \varepsilon_1^2 \cdot \frac{100 - 20k + 2k^2}{100}, \quad (4)$$

где  $\varepsilon$  — средняя квадратичная ошибка интерполированного по таблице значения,  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_0$  — определенные ранее средние ошибки округления табличных значений и округления при интерполяции на десятую долю интервала.

Формула (4), справедливая для  $k=1, 2, \dots, 9$  и заменяющаяся равенством  $\varepsilon = \varepsilon_0$  для  $k=0$ , показывает зависимость средней ошибки интерполированного по таблице значения функции от аргумента интерполяции  $k$ . Вместе с тем она показывает, что при пользовании для вычислений неокругленными интерполированными значениями, т. е. значениями, содержащими добавочный десятичный знак по сравнению с исходной таблицей, накопление неустрашимых вычислительных ошибок должно совершаться медленнее, чем при вычислении с округленными значениями.

Эти выводы наглядно иллюстрируются табл. I, содержащей значения  $\varepsilon$  для различных  $k$ , для интерполяции без округления или с округлением.

Таблица I—Tableau I

Абсолютные величины средних квадратичных ошибок значений функций, интерполированных на  $\frac{k}{10}$  табличного интервала, в долях единицы последнего десятичного знака

Erreurs quadratiques moyennes des valeurs des fonctions, interpolées, à  $\frac{k}{10}$  de l'intervalle du tableau en fractions de l'unité du dernier chiffre décimal

| $\frac{k}{10}$  | 0,0  | 0,1  | 0,2  | 0,3  | 0,4  | 0,5  | 0,6  | 0,7  | 0,8  | 0,9  | Средние квадратичные<br>Moyennes<br>quadratiques |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| — неокругленных значений<br>— des valeurs non-arrondies | 0,29 | 0,26 | 0,24 | 0,22 | 0,21 | 0,20 | 0,21 | 0,22 | 0,24 | 0,26 | 0,23 <sub>6</sub>                                |
| — округленных значений<br>— des valeurs arrondies       | 0,29 | 0,39 | 0,38 | 0,37 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,37 | 0,38 | 0,39 | 0,36 <sub>4</sub>                                |

Эта таблица, кроме того, показывает, что средние квадратичные ошибки интерполированных значений уменьшаются в мере приближения к середине интервала интерполяции, а также, что ошибка округленных интерполированных значений примерно в 1,5 больше ошибки неокругленных значений. Последнее обстоятельство свидетельствует об известной выгоде сохранения при вычислениях одного лишнего по сравнению с исходной таблицей десятичного знака. Но так как лишний десятичный знак всегда повышает вероятность появления мелких и крупных вычислительных промахов, а значит понижает быстроту и надежность вычислений, то правило вычислительной практики "выбирать из таблицы функций ее значения лишь с тем числом десятичных знаков, которое дает таблица", может считаться полностью оправданным.

В последнем столбце табл. I помещены средние квадратичные значения  $\varepsilon$ , взятые из всех частных значений  $\varepsilon$  соответствующих строк. Для характеристики средней ошибки выбранного из таблицы по обычным правилам значения некоторой функции мы можем следовательно пользоваться величиной:

$$\varepsilon = \pm 0,36, \text{ единицы последнего десятичного знака.}$$

Итак, для выполнения оценки вычислительной точности того или иного процесса вычислений мы располагаем данными:

1) средней ошибкой табличного значения функции:  $\varepsilon_1 = \pm 0,36$  единицы последнего знака,

2) средней ошибкой интерполированного по таблице и округленного значения функции:  $\varepsilon = \pm 0,36$  единицы последнего знака,

3) средней ошибкой интерполированного по таблице, но не округленного значения функции:  $(\varepsilon) = \pm 0,24$  единицы последнего знака,

и 4) средней ошибкой округления:  $\varepsilon_0 = \pm 0,29$  единицы последнего сохраняемого десятичного знака.

При выполнении такой оценки нам придется еще иногда столкнуться с ошибками, возникающими при отыскании аргумента в заданному значению функции, т. е. с ошибками, имеющими место при интерполяции с обратным в таблицу входом, а также с ошибками округления найденных значений. Первую ошибку мы в каждом частном случае сможем без затруднений найти из отношения дифференциалов аргумента и зависящей от него функции, вторая же нам уже известна.

Приложим сказанное к оценке точностей простейших вычислений с помощью арифмометра и таблиц логарифмов.

Пусть нам требуется найти произведение  $x = a \cdot b$  с 5-ю значащими цифрами, причем как  $a$ , так и  $b$  даны с тем же количеством знаков. Предположим дальше, без всякого нарушения общности, что  $a$  и  $b$  таковы, что произведение  $x$  заключено в пределах от 0,10000 до 0,99999.

а) Вычисление с арифмометром:

При вычислении произведения с помощью арифмометра всегда применяется метод точного умножения, а потому вычислительная ошибка результата вызывается исключительно наличием неизбежной ошибки округления. Таким образом в нашем случае средняя абсолютная ошибка  $\varepsilon_{ам}$  результата при машинном вычислении будет равна:  $\varepsilon_{ам} = \pm 0,29 \cdot 10^{-5}$ .

В соответствии с двумя пределами значений  $x$  мы получаем такие пределы для средней относительной погрешности  $\frac{\varepsilon_{ам}}{x}$  результата:

$$0,29 \cdot 10^{-4} > \left| \frac{\varepsilon_{ам}}{x} \right| > 0,29 \cdot 10^{-6} \quad (5)$$

б) Вычисление с логарифмами:

В соответствии с известным указанием вычислительной практики для получения результата с 5-ю значащими цифрами нам достаточно пользоваться 5-значными таблицами обыкновенных логарифмов. При этом вычислении пользуемся формулой:

$$\lg x = \lg a + \lg b.$$

Средняя ошибка  $\lg x$  составляется из ошибок двух выбранных из таблицы логарифмов:  $\lg a$  и  $\lg b$  и в соответствии с предыдущим есть:  $\pm \sqrt{2}$ . А это значит, что соответствующая ошибка  $x$  есть  $\frac{x}{M} \cdot \pm \sqrt{2}$ , где  $M = 0,4343 \dots$  есть модуль обыкновенных логарифмов.

Сюда надо присоединить еще влияние ошибок логарифмов, используемых нами при отыскании  $x$  обратным входом по его логарифму. Имеющейся ошибке в логарифме равной  $\varepsilon$ , соответствует ошибка в аргументе (т. е. в числе) равная  $\frac{x}{M} \cdot \varepsilon$ . На результат интерполяции при обратном входе окажут влияние ошибки двух смежных аргументов, среднее суммарное влияние которых представляется величиной  $\frac{x}{M} \cdot (\varepsilon)$ . Помимо этого мы округлим еще наш результат, т. е. внесем в него в среднем абсолютную ошибку  $\varepsilon_0$ .

Таким образом, окончательная средняя ошибка  $\varepsilon_{x1}$  в найденном результате при логарифмическом вычислении есть:

$$\varepsilon_{x1} = \sqrt{\left(\frac{x}{M}\right)^2 [2\varepsilon^2 + (\varepsilon)^2] + \varepsilon_0^2}$$

или в числах:

$$\varepsilon_{x1} = \sqrt{x^2 \cdot 1,68 + 0,0841 \cdot 10^{-5}}$$

Для наших двух пределов  $x_1 = 0,10000$  и  $x_2 = 0,99999$  имеем:

$$\varepsilon_{x1} = \pm 0,32 \cdot 10^{-5} \text{ и } \varepsilon_{x2} = \pm 1,33 \cdot 10^{-5}$$

Таким образом средняя относительная погрешность произведения двух чисел, вычисленного с помощью логарифмов, заключается в пределах:

$$0,32 \cdot 10^{-4} > \left| \frac{\Delta x}{x} \right| > 1,33 \cdot 10^{-5} \quad (6)$$

Сопоставление неравенств (5) и (6) вполне ясно показывает, что вычисление с помощью арифмометра, проводимое с тем же числом значащих цифр, что и в мантиссах логарифмов, всегда точнее логарифмического вычисления. В наименее благоприятном случае логарифмическое вычисление даст почти в пять раз большую вычислительную ошибку, чем вычисление с арифмометром, т. е. вычисление с арифмометром, проводимое с 5-ю значащими цифрами, обеспечивает почти такую же точность как вычисление с 6-значными логарифмами.

Приведенный небольшой пример применения найденных ранее средних ошибок табличных и интерполированных из таблиц значений некоей функции, устанавливая более высокую точность арифмометрических вычислений по сравнению с логарифмическими, вместе с тем подтверждает полную применимость этих средних величин к оценке точности различных вычислительных приемов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Шингер. Курс астрономии (часть теоретическая). Петроград, 1922.
2. Н. Матусевич. Руководство по практической геодезии и астрономии. Отдел I, часть I. Ленинград, 1932.
3. Н. Матусевич. О применении теории случайных ошибок к вопросу интерполирования табличных величин. „Записки по Гидрографии“ № 4, 1932, Ленинград.
4. Н. П р е й п и ч. Новые таблицы повышенной точности для вычислений высот азимутов. „Записки Гидрографии“ № 2, 1935, Ленинград.
5. J. Bossard. Guide du Calculateur. Paris, 1902.

## DES ERREURS MOYENNES DES VALEURS NUMÉRIQUES DES FONCTIONS INTERPOLÉES D'APRÈS LES TABLEAUX

N. C. Preiplitch

(Résumé)

L'auteur calcule les erreurs quadratiques moyennes des valeurs numériques des tableaux de fonctions mathématiques et les résultats des plus simples opérations avec ces valeurs. Il trouve les valeurs suivantes de ces erreurs.

1. L'erreur quadratique moyenne d'une valeur de la fonction choisie au hasard dans le tableau:  $\varepsilon_1 = \pm 0,29$  de l'unité du dernier chiffre décimal.

2. L'erreur quadratique moyenne de la valeur de la fonction interpolée d'après le tableau et arrondie:

$$\varepsilon = \pm 0,36 \text{ de l'unité.}$$

3. L'erreur quadratique moyenne de la valeur de la fonction interpolée d'après le tableau, mais non-arrondie:

$$(\varepsilon) = \pm 0,24 \text{ de l'unité.}$$

4. L'erreur quadratique moyenne de l'arrondissement, pendant l'interpolation, pour des fractions décimales de l'intervalle de l'argument:

$$\varepsilon_0 = \pm 0,29 \text{ de l'unité.}$$

L'auteur se sert des valeurs trouvées pour l'évaluation comparative de la précision relative des multiplications de deux nombres à cinq chiffres à l'aide d'un arithmomètre (formule 5) et à l'aide des logarithmes (formule 6), et il confirme l'opinion exprimée par différents auteurs, que les calculs arithmométriques avec le même nombre de chiffres significatifs conservés, sont considérablement plus exacts que les calculs logarithmiques.

## АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПРИЕМНИК ДЛЯ ПРИЕМА РАДИО-СИГНАЛОВ ВРЕМЕНИ

В. Л. Лассан

### § 1. ВЫБОР ТИПА ПРИЕМНИКА

Передача ритмических радиосигналов времени обслуживается на диапазоне 3000—20000 м (100—15 кГц) радиотелеграфными станциями, работающими почти исключительно незатухающими колебаниями. Поэтому, для возможности предварительного служебного контроля настройки приемника на пришедшие и усиленные электро-колебания высокой частоты должны быть наложены колебания местного генератора высокой частоты. Результирующие колебания, частота которых зависит от настройки местного генератора, после детектирования воспринимаются как колебания акустической частоты и позволят, таким образом, следить за настройкой приемника и, в случае необходимости, произвести прием радиосигналов времени при помощи одного из слуховых способов.

В соответствии с этим проектировавшийся приемник мог бы быть построен: 1) как приемник прямого усиления со вспомогательным генератором электрических колебаний высокой частоты — гетеродином, 2) как приемник с обратной связью, собственными колебания которого делали бы излишним применение добавочного гетеродина и 3) как приемник супер-гетеродинного типа со вторичным гетеродинированием усиленных колебаний промежуточной частоты.

Приемники с обратной связью вследствие своей компактности чрезвычайно удобны для экспедиционных целей, но в качестве стационарного приемника для лаборатории мало пригодны ввиду довольно существенных отрицательных сторон. Эти недостатки, главнейшими из которых являются сильная восприимчивость к атмосферным помехам в момент настройки на станцию, склонность к генерации и наличие собственного излучения в эфир, заставили отказаться от этого типа приемника.

Приемник супергетеродинного типа явился бы для лаборатории наиболее подходящим, но прием на длинах волн до 20000 м (15 кГц) мог бы быть в этом случае обеспечен лишь при выборе промежуточной частоты порядка 10 кГц. Такая низкая промежуточная частота делает весьма реальной возможность появления

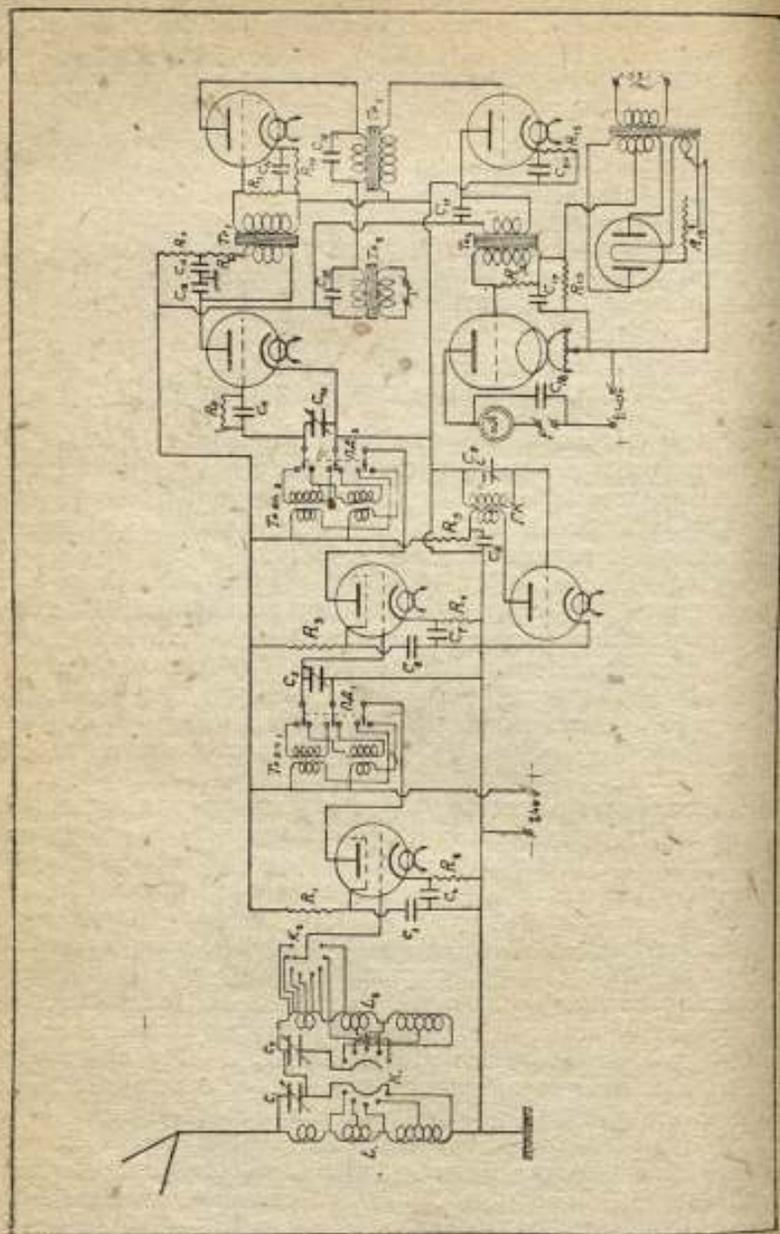
войственной супергетеродинам помехи со стороны негативной волны, т. е. предъявляет к деталям контуров промежуточной частоты такого приемника ряд строгих технических условий, которым все материалы, имевшиеся в распоряжении лаборатории, удовлетворить не могли.

Поэтому в конечном итоге пришлось остановиться на типе приемника с непосредственным усилением и дополнительным гетеродином, а пожелание наибольшей простоты его обслуживания было удовлетворено применением схем и усилительных ламп, рассчитанных на полное питание от сети переменного тока. Последнее обстоятельство является немаловажной положительной стороной разработанной конструкции.

## § 2. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ПРИЕМНИКА

Принципиальная схема приемника изображена на рис. 1. Это приемник сложной схемы с настраиваемой антенной (контур  $L_1C_1$ ) и индуктивно связанным настраиваемым вторичным контуром ( $L_2C_2$ ). Переменная разность потенциала на вторичном контуре подана на двухкаскадный усилитель высокой частоты на экранированных лампах (СО—124). Междуламповая связь этих контуров, а также связь со следующей детекторной лампой осуществлены при помощи трансформаторов высокой частоты Тр. в. ч.<sub>1</sub> и Тр. в. ч.<sub>2</sub> с настраиваемыми вторичными обмотками. Гетеродина приемника, контур которого показан на рисунке под контуром второй лампы высокой частоты, связывается непосредственно со вторым трансформатором Тр. в. ч.<sub>2</sub> с помощью своей подвижной катушки Г. К.

Полученные биения детектируются и усиливаются в дальнейшем уже на низкой тональной частоте. Усилитель низкой частоты состоит из трех каскадов с трансформаторной междуламповой связью (трансформатор: Тр.<sub>1</sub>, Тр.<sub>2</sub>, Тр.<sub>3</sub>). Телефон (буква Т отмечает на рисунке его клеммы) для слухового контроля и приема радиосигналов включен через добавочный трансформатор Тр.<sub>2</sub> (1:1) после первого каскада низкой частоты. Второй и третий каскады низкой частоты служат исключительно для автоматической записи радиосигналов. Во всех перечисленных контурах кроме последнего, в котором установлена мощная лампа УО—104, применены лампы СО—118. Вторичное детектирование и сглаживание импульсов тока на выходе, необходимое для срабатывания реле, достигнуто подачей отрицательного потенциала на сетку последней лампы и подключением параллельно обмоткам реле конденсатора постоянной емкости  $C_{18}$ . Отрицательный потенциал получается от маломощного выпрямителя (лампа ВО—125), питание всех усилительных ламп производится от двух мощных выпрямителей (лампы ВО—116 на рисунке не показаны), из которых второй обслуживает одну выходную лампу УО—104.



а о  
ур  
е  
ур  
об  
е  
от  
па  
е  
ас  
ес  
еж  
ит  
во  
об  
не  
со  
ли  
Зей  
под  
ес  
об  
а  
ли  
ес  
те  
ус  
ста  
Пр  
ры  
а  
д  
осу  
а  
п  
тк  
дч  
Пр  
с  
к  
ны

### § 3. ДЕТАЛИ УСТРОЙСТВА ОТДЕЛЬНЫХ КОНТУРОВ

Весь описанный приемно-усилительный агрегат смонтирован в одном большом деревянном каркасе с экранированными передней и боковыми стенками. Двумя экранированными же перегородками он помимо того разбит на три отделения: 1) для контуров  $L_1C_1$  и  $L_2C_2$ , 2) для усилителей высокой и низкой частоты и 3) для выпрямителей, питающих всю установку. Благодаря небольшому незначительному запасу хороших деталей контуров  $L_1C_1$  и  $L_2C_2$ , от качества которых главным образом зависит работа приемника, удалось выполнить особенно тщательно. Катушки самоиндукции  $L_1$  и  $L_2$  цилиндрические (диаметр 14 см, высота 30 см), их намотка исполнена „в нахлестку“ тремя отдельными раздвинутыми, а на одной катушке, помимо того, и смещенными секциями, что сводит до минимума потери в короткозамкнутых частях катушек. Индуктивная связь между контурами  $L_1C_1$  и  $L_2C_2$  весьма слабая, для чего они раздвинуты на расстояние 31—39 см между их осями. Контур  $L_1C_1$  рассчитан на работу с воздушной антенной лаборатории, Г—образной, двулучевой с длиной горизонтальной части около 100 м. Отдельные секции катушек  $L_1$  и  $L_2$  перебираются одновременно, в соответствии с длиной волны принимаемой станции, при помощи общего переключателя  $K_1$ , который своими двумя группами из пяти пар контактов пробегает весь диапазон 3000—20000 м.

Конденсаторы переменной емкости  $C_1$  и  $C_2$  этих контуров типа Зейбта с повышенным диапазоном емкости и легким и плавным ходом, что сильно облегчает удобную настройку этих контуров.

Связь контура  $L_2C_2$  с сеткой первой экранированной лампы весьма слабая и переменная, а именно, усиливаемый потенциал отбирается не от всей катушки  $L_2$ , а лишь от ее части, близкой к заземленному концу. Контактный переключатель  $K_2$  служит для регулировки этой связи путем отбора большего или меньшего числа мелких секций катушки  $L_2$ . Такой способ включения обеспечил большую остроту настройки конденсатора  $C_2$ , так как даже небольшой поворот рукоятки всего на 2—3° заставляет станцию практически исчезнуть.

Каждый из трансформаторов высокой частоты Тр. в. ч.<sub>1</sub> и Тр. в. ч.<sub>2</sub> представляет собою сдвоенный трансформатор, из которых одна пара обмоток перекрывает диапазон 3000—8000 м, а другая пара—7500—20000 м. Переход с диапазона на диапазон осуществляется при помощи двух переключателей—джеков, а настройка на волну—конденсаторами  $C_5$  и  $C_{10}$ . Каждая из двух указанных систем трансформаторов заключена в отдельный металлический цилиндрический экран. В экране трансформатора Тр. в. ч.<sub>2</sub> сделан прорез, что позволяет осуществлять связь с катушкой гетеродина.

Гетеродин имеет пять сменных катушек, перекрывающих нужный диапазон. Включение катушек осуществляется при помощи

выведенного из приемника гибкого шнура, а регулируемая свая Тр. в. ч.<sub>2</sub> — приближением или удалением катушки гетеродина к тому месту передней панели приемника, где прикреплен указанный трансформатор. Для подстройки гетеродина на станцию служит конденсатор переменной емкости  $C_9$ , позволяющий вместе с тем устанавливать оптимальную для приема высоту тона принимаемых сигналов.

Усилитель низкой частоты собран на обычных трансформаторах низкой частоты, причем для устранения самовозбуждения приемника применена система из сопротивлений  $R_7$  и  $R_8$  и конденсаторов  $C_{12}$ ,  $C_{13}$ .

Как уже упоминалось, телефон для слухового приема подключен через вспомогательный трансформатор Тр.<sub>2</sub> (1:1). Цель этого трансформатора — уничтожить постоянную составляющую анодного тока и облегчить включение телефонов и контактного хронометра по схеме Кука-Прейпича для надлежащего слухового приема ритмических радиосигналов времени. Точно так же было указано, что питание ламп приемника осуществляется при помощи трех отдельных выпрямителей. Анодная цепь двух мощных выпрямителей подана на две пары клемм +240V, —240V. Второй (правая пара клемм) из этих выпрямителей обслуживает одну выходную лампу УО—104. Применение этого второго выпрямителя оказалось необходимым потому, что при ином включении последний контур, работающий отдельными длительными и относительно мощными импульсами тока (усиление на выходе до 50 мА), работал в режиме работы предшествующих контуров. Использование отдельного маломощного выпрямителя для сообщения отрицательного потенциала сетке последней лампы также оказалось полезным: такое устройство позволило достаточно удобно регулировать потенциал задаваемого смещения.

Отметим, что фильтры двух мощных выпрямителей собраны из конденсаторов типа „Треву“, так как менее высококачественные конденсаторы явились причиной весьма серьезной аварии, имевшей место еще в период регулировки приемника.

В анодную цепь последней лампы включены миллиамперметр мА, служащий для контроля достигнутого усиления, и телеграфное реле системы Приса (1000  $\Omega$ ), обеспечивающее подачу сигналов на хронограф. Так как реле Приса требует заметно меньшего усиления, чем достигаемое, то последовательно с его обмоткой включено добавочное сопротивление в 5000  $\Omega$ . Это сопротивление, помимо уменьшения нагрузки на первичную цепь реле, вместе с тем заметно уменьшает постоянную времени реле, что является добавочной выгодой примененной схемы.

#### § 4. ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИЕМНИКА

Приемник был взят в окончательную эксплуатацию с 23 сентября 1934 г.

Известная сложность настройки, из-за наличия пяти встраиваемых рукояток, не считая переключателей для перехода

диапазона на диапазон, на практике оказалась мало заметной ввиду того, что лаборатория принимает сигналы ограниченного числа определенных станций, а раз найденная настройка с течением времени подвергается лишь очень малым, едва заметным изменениям. Острота настройки также получается достаточно удовлетворительной, так как станции Бордо (18900 м), Регби (18740 м) и Науэн (13000 м и 18130 м), как правило, выделяются из числа прочих европейских станций без заметных затруднений и регистрируются на ленте хронографа достаточно отчетливо. Запаздывание реле приемника, как и ожидалось, оказалось незначительным, сверх того весьма устойчивым. Согласно сводке, составленной научным сотрудником С. М. Терешковой, это запаздывание за период сентябрь 1934 г. — май 1935 г. составляет в среднем всего 0,002 секунды при наибольших отклонениях отдельных месячных средних значений в  $\pm 0,001$  секунды. Самопроизвольной генерации приемника при его работе также не отмечалось, так что главной и наиболее неприятной помехой при приемах являлось наличие атмосферных разрядов, для устранения которых установка располагает лишь одним средством — уменьшением чувствительности реле приемника. Поэтому в числе дальнейших задач лаборатории времени намечается также и постройка фильтра для отсеивания атмосферных разрядов.

## RÉCEPTEUR AUTOMATIQUE POUR LA RÉCEPTION DES SIGNAUX RYTHMÉS

W. L. LASSAN

*(Résumé)*

L'auteur donne la description du récepteur automatique qu'il a élaboré et construit lui-même et dont on se sert depuis le 23 Novembre 1934 dans le Laboratoire de l'Heure de l'Institut de Métrologie de l'URSS pour la réception des signaux rythmés. Le schéma du récepteur, entièrement alimenté par le réseau du courant alternatif, est reproduit dans la fig. 1. Le récepteur fait voir un enregistrement automatique assez sûr des signaux, une amplification considérable à l'issue et un certain retard constant de son relais.

---

## ПРИМЕНЕНИЕ СТРОБОСКОПИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ

И. В. Юдин

### СТРОБОСКОПИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ И ПРИБОРЫ

#### § 1. ВВОДНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

К области работ лаборатории времени ВНИИМ помимо задач, связанных с непосредственным измерением времени, относится также испытание различных приборов, служащих для измерения угловой скорости или величин ей пропорциональных. К числу таких приборов относятся тахометры различных типов, тахоскопы с секундомерами, измерители окружной скорости и спидометры. Находящиеся в обращении конструкции перечисленных приборов обеспечивают измерение соответствующих им величин угловой, окружной или линейной скоростей со средней точностью порядка 1%.

Для возможности испытания этих приборов и надежного определения их поправок лаборатория времени ВНИИМ должна была пользоваться методом, обеспечивающим определение действительных значений измеряемых величин с относительной точностью не меньшей 0,3%. До 1932 г. в качестве такого метода служил абсолютный метод, основанный на счете и регистрации при помощи хронографа оборотов вала тахометрического станка за известный промежуток времени. Будучи в отношении измерения угловой скорости методом высокой точности, абсолютный метод вместе с тем обладает весьма существенными недостатками, именно: большой трудоемкостью, связанной с разметкой и промером хронограмм, непригодностью его к указанию действительных значений угловых скоростей в моменты снятия отсчетов с испытуемых по этому методу приборов и значительной дороговизной требующейся для него измерительной аппаратуры (хронографа, контактного хронометра и компаратора для измерения хронограмм). Все сказанное, с одной стороны, затрудняло и сильно замедляло самый процесс испытания, а с другой стороны, делало практически невозможным освоение этой области испытаний областными и краевыми управлениями мер и весов. Поэтому, уже сравнительно с давних пор лаборатория

времени ВНИИМ стремилась к замене абсолютного метода измерений носительным, основанным на применении образцового тахометра с показаниями которого непосредственно сравниваются показания испытуемого тахометра. Но так как ни один из существующих промышленных и лабораторных типов тахометров не обеспечивал нужной для образцового тахометра степени точности, лаборатория была вынуждена в первую очередь заняться разработкой самой конструкции образцового тахометра, способной обеспечить точность в  $0,3\%$ .

По обсуждении различных физических принципов, которые могли быть положены в основу подобной конструкции, было решено воспользоваться предложением руководителя лаборатории времени Н. Х. Прейпича — исследовать возможность применения стробоскопических явлений для конструирования образцового тахометра. Первые же опыты, осуществлявшие получение стробоскопических явлений при помощи свободного камертона, практического в качестве источника колебаний постоянной частоты, дали обнадеживающие результаты и в конечном итоге привели к созданию образцового тахометра, заслуживающего широкого ознакомления с ним, благодаря его простоте и гарантируемой точности показаний.

Данная статья и содержит как все теоретические предпосылки, послужившие к созданию новой конструкции, названной в практике лаборатории временем строботахометром, так и излагает накопленный лабораторией времени опыт по практическому осуществлению и применению этой конструкции в соответствующей отрасли измерений с целью обеспечения ей возможно широкого распространения.

## § 2. ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СТРОБОСКОПИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

Возникновение стробоскопических явлений, т. е. кажущихся наблюдателю явлений движения или покоя некоторого объекта или объектов, обязано своим происхождением, помимо внешних физических причин, также и некоторым свойствам зрительных ощущений человека, предварительное ознакомление с которыми необходимо как для уяснения причин возникновения стробоскопических явлений вообще, так и в связи с процессами, заложенными в основу действия строботахометра. Зрительные ощущения возникают в нашем сознании под влиянием лучей света, исходящих от рассматриваемого нами предмета. Эти лучи производят раздражение нервных элементов сетчатки глаза; раздражение передается по волокнам зрительного нерва мозговому центру зрения, возбуждает их и тем самым вызывает в нашем сознании психическую реакцию — зрительное ощущение рассматриваемого предмета. Характер действующих на глаз от физического тела раздражений обуславливается исключительно физическими свойствами

ции и состояниями рассматриваемого тела, например, его цветом, яркостью, постоянством или прерывистостью действия, состоянием покоя или движения.

Само зрительное ощущение запечатлевается в сознании только тогда, когда вызывающее его раздражение обладает заодно и определенной интенсивностью и длительностью, способными вызвать, в крайней мере, минимальное ощущение. Так, например, небо, увиденным глазом мы не видим звезд ниже определенной яркости, или, благодаря недостаточной яркости и быстроте движения, не замечаем летящего снаряда или пули, и с другой стороны, несмотря на кратковременность действия, но благодаря большой интенсивности света, ясно видим падающие звезды, вспышки молнии или искровые разряды, получающиеся при разряде зарядов статического электричества. Интенсивность зрительного ощущения зависит от силы раздражения, вызываемой рассматриваемым предметом в сетчатке глаза, а, именно, с усилением раздражения усиливается в известном соотношении (по закону Вебера-Фехнера) и ощущение.

Зрительные ощущения, раз возникнув, не исчезают мгновенно по прекращении воздействия лучей света, а в течение некоторого времени сохраняются зрительно в памяти и лишь затем постепенно из нее пропадают. При средней освещенности предмета эта длительность зрительного последствия раздражения порядка  $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{20}$  секунды; с увеличением яркости предмета она увеличивается.

Наличие зрительного последствия играет весьма существенную роль при восприятии наблюдателем ряда следующих друг за другом кратковременных зрительных раздражений, которые для удобства назовем „зрительными импульсами“ или „кадрами“. Если такие кадры следуют друг за другом с перерывами меньшими, чем  $\frac{1}{20}$  сек., то ощущение предмета, независимо от того, движется ли он или находится в движении, не успевает пропасть из нашего сознания. Так, например, рассматриваемое нами изображение, ритмично открываемое и закрываемое при помощи диска со щелью, носящего название обтюлятора, через промежутки времени в  $\frac{1}{20}$  сек., вовсе не пропадает из нашего сознания. Точно также применение переменного тока для целей освещения не вызывает мигания, а дает впечатление вполне равномерного света.

Для обобщения всех явлений, имеющих место при зрительном восприятии внешних объектов, удобно представлять, что раздражение сетчатки глаза наблюдателя лучами света от объекта наблюдения происходит всегда при помощи ряда описанных, но бесконечно-близких по времени, зрительных импульсов-кадров. Если в глаз наблюдателя поступают все без исключения кадры в притом в надлежащей временной последовательности, то наблюдатель воспринимает движение объекта относительно себя именно в таком виде, в каком оно существует в действительности.

Если же, благодаря применению соответствующих приспособлений, в глаз попадает лишь часть кадров от движущегося объекта, то наблюдатель, в зависимости от быстроты подачи кадров той или иной согласованности фаз движения объекта, выхватываемых этими кадрами, может увидеть как самый объект, так и совершаемое им движение либо в его действительном виде и состоянии, либо в искаженном виде и состоянии. При искажении может подвергнуться как вид объекта — по сравнению с его действительным видом он будет казаться умноженным в числе, так и скорость и направление движения объекта — движение может казаться ускоренным, замедленным, плавным, скачкообразным, прямым и попятным и может перейти в состояние покоя.

Во всех этих случаях роль зрительного последствия сводится к кратковременному удержанию и взаимной интерференции в сознании отдельных кадров, восполнению пробелов в нем от недостающих кадров и, в конечном счете, к выработке тех или других иллюзорных представлений о действительном движении наблюдаемого объекта. Причем, если подаваемые кадры изображают собой аperiодическое движение, то мы будем наблюдать известные кинематографические явления, дающие при надлежащем проектировании полную иллюзию действительной жизни, действительных движений. Если же подача в глаз кадров происходит от объекта, совершающего периодическое движение, то будут наблюдаться стробоскопические явления, дающие иллюзию ускорения, замедления и остановок движения, перемены его направления и явлений размножения объекта.

Наблюдение кинематографических явлений осуществляется при помощи кинематографического проекционного аппарата (кинопроектора), интересующие же нас стробоскопические явления получаются при помощи разнообразных стробоскопических приборов и установок.

### § 3. КРАТКИЙ ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК ИЗОБРЕТЕНИЯ И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СТРОБОСКОПИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ И ОБЛАСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Стробоскопические явления и простейшие способы их получения были, повидимому, известны еще в глубокой древности. Так, например, Птолемей в своей „Оптике“, написанной во втором столетии нашей эры, говорит, что белый диск, у которого один сектор окрашен в какую-нибудь краску, кажется при быстром вращении весь окрашенным в ту же краску, а римский поэт Лукреций Кар (99—55 г. до нашей эры) в стихотворном трактате „О природе вещей“ описывает и дает объяснение чисто стробоскопическим явлениям. Из исследователей, работавших в этой области уже в близкое к нам время, первыми являлись физики Плато в Генте и Штампфер в Вене, независимо друг

струировавшие один в ноябре, а другой в декабре 1832 г. стробоскопический прибор из диска с равномерно распределенными его периферии щелями, ниже и сзади которых был нанесен ряд фигур, изображавших отдельные кадры различных фаз движения, снятые в порядке их временной последовательности. Рассматривая отражавшиеся в зеркале кадры сквозь щели приведенного вращение диска, они впервые получили стробоскопический синхронизированный вид движения. Усилия всех последующих изобретателей прошлого столетия были направлены к созданию аппаратов, способных, во-первых, фотографически заснять и, во-вторых, демонстрировать полную картину всех фаз какого-либо движения, например, прыжка лошади, полета птицы или движений человека. Из аппаратов, изобретенных для фотосъемки движений, необходимо отметить фотографическое ружье и фото-камеру Маррея, для демонстрации движений — тахископ и электро-тахископ Шютца, в которых демонстрация движения впервые совершалась при прерывистом свете гейслеровой трубки, и, наконец, кинетоскоп Эдисона (1890 г.), демонстрировавший серию моментальных фотоснимков в виде кинематографического фильма. Эти усилия завершились в конце прошлого столетия изобретением Деяни, сотрудником Маррея, первого кинопроектора (1893 г.) последующим его усовершенствованием братьями Люмьер. Большинство кинематографических и стробоскопических приборов прошлого столетия, как и теперь, служило для целей развлечения, о чем говорят их названия, например, „Колесо жизни“ Савато, волшебный барабан Горнера, хорейтоскоп Мольтени, но, наряду с этим, они использовались и для чисто научных целей; так, например, Физо в 1849 г. с помощью зубчатых колес, имевших подобие стробоскопического диска со щелями, измерил скорость света, астроному Жансену в 1874 г. удалось заснять фотографическим револьвером прохождение Венеры перед солнечным диском, Маррей применял изобретенные им приборы для анализа движений животных и человека.

В настоящее время специальные кинематографические аппараты и преимущественно интересующие нас в данной статье различные стробоскопические приборы находят широкое применение в разнообразных областях техники, как, например, в машиностроении — для изучения явлений вибрации и резонанса, в электротехнике — для определения скольжения асинхронных моторов, испытания частотомеров, в энергетическом хозяйстве — для измерения линейной скорости машинных валов и в установках для испытания тахометров, в акустике — для испытания камертонов и т. д.

#### § 4. КЛАССИФИКАЦИЯ СТРОБОСКОПИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

Сообразно многосторонним возможностям использования стробоскопических явлений для практических целей в настоящее время применяется значительное число различных стробоскопи-

ческих приборов. Ранее было отмечено, что стробоскопические приборы характеризуются наличием приспособления, обеспечивающего известную подачу в глаз наблюдателя отдельных кадров от объекта, участвующего в периодическом движении, а что визуальный характер наблюдающихся стробоскопических явлений зависит не только от характера исследуемого периодического движения, но и от устройства приспособления для подачи кадров. По своему устройству эти приспособления определяются прежде всего целевым назначением прибора, затем различаются по роду применяемой для подачи кадров частоты, по степени открытия кадров или попадания их в поле зрения наблюдателя и, наконец, по способу отсечки или обтюрации кадров.

В основу классификации стробоскопических приборов удобнее всего положить перечисленные особенности устройства подающего кадры приспособления, в соответствии с которыми существующие приборы подразделяются на следующие виды:

I. По целевому назначению:

- a) стробоскопические приборы, предназначенные для исследования вращательного движения,
- b) те же приборы для исследования колебательного движения.

II. По роду применяемой для подачи кадров частоты:

- a) стробоскопические приборы с заранее заданной, неизменной частотой подачи зрительных кадров,
- b) те же приборы с регулируемой в процессе наблюдения частотой подачи кадров.

III. По степени открытия кадров:

- a) стробоскопические приборы с полным открытием кадров, при котором наблюдаемый объект целиком попадает в поле зрения глаза,
- b) те же приборы с частичным открытием кадров, при котором только часть наблюдаемого объекта одновременно может попасть в поле зрения глаза.

IV. По способу обтюрации или отсечки кадров:

- a) стробоскопические приборы с механической отсечкой освещаемого постоянным светом кадров, осуществляемой при помощи вращающегося дискового или качающегося щелевого обтюратора,
- b) те же приборы со световой отсечкой кадров, получаемой при помощи освещения объекта исследуемого движения прерывистым или пульсирующим светом со стабильной частотой.

Смотря по целевому назначению приборов, объектами стробоскопических наблюдений могут служить вращающиеся или колеблющиеся детали испытываемых машин и приборов, в частности при измерении угловой скорости машинных валов преимущественно пользуются стробоскопическим диском, представляющим собой диск с концентрично и равномерно распределенными по его периферии цветными метками или же сквозными щелями, закрепляемый на торце испытываемого вала. Освещение диска при механической отсечке кадров производится лампой, дающей постоян-

ный свет и располагаемой при наличии на диске меток впереди диска, а в случае щелей — позади него.

В соответствии с преимущественным применением стробоскопических дисков как в качестве объекта наблюдения, так и в качестве приспособления для подачи кадров, Линк и Фивег (см. литературу, №№ 5 и 6) классифицируют методы стробоскопических измерений по числу применяемых дисков, относя к однодисковому методу приборы с полным открытием и любой отсечкой кадров и к двухдисковому методу — приборы с частичным открытием и механической отсечкой кадров, осуществляемой дисковым обтюратором со щелями. По сравнению с этой последней классификацией приведенная нами классификация, разработанная совместно с Н. Х. Прейсичем, представляется нам более общей и лучше систематизирующей встречающееся многообразие стробоскопических приборов.

Для решения поставленной задачи, в отношении точного измерения угловых скоростей и испытания тахометров, лаборатория времени остановилась на стробоскопическом приборе с неизменной частотой и полным открытием кадров, достигаемыми при помощи свободного камертона со щелевым обтюратором, так как такой прибор отличается замечательной простотой своего устройства по сравнению с другими приборами такого же назначения, постоянством обеспечиваемой им частоты подачи кадров, а также удобством и надежностью в работе. В качестве объектов для наблюдений при приборе были применены стробоскопические диски с изображенными на них различными кольцеобразными зубчатыми фигурами, позволявшими получать значительное число скоростных реперов угловых скоростей.

Совокупность свободного камертона, дисков и вспомогательных средств и приспособлений, о которых будет сказано дальше, разрешившая задачу удобного, быстрого и достаточно точного измерения угловых скоростей, и представляет собою упомянутый §1 и описываемый в следующих параграфах строботахометр.

## ТЕОРИЯ, УСТРОЙСТВО И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СТРОБОТАХОМЕТРА

### § 5. ТЕОРИЯ СТРОБОТАХОМЕТРА

Математическая теория стробоскопических явлений не освещалась различными авторами. Из них наиболее детально в последнее время разобрали этот вопрос Линк и Фивег (см. литературу, №№ 5 и 6), давшие вывод формул, при помощи которых можно достигнуть даже однозначного определения искомой угловой скорости, при условии, правда, с трудом осуществимых наблюдений многократных стробоскопических изображений. Но приводимые ими формулы требуют такого же индивидуального

подхода к каждому из возможных стробоскопических методов наблюдения, как и формулы других авторов, а потому теория стробоскопических явлений излагается здесь лишь применительно к строботаксметру, более или менее оригинальным способом обслуживающему ей наибольшую, по нашему мнению, наглядность.

а) Формула остановок. Допустим, что испытываемый вал вращается со скоростью  $n$  об/мин и на нем укреплен диск с фигурой, состоящей из  $z$  зубцов (меток), равномерно распределенных по периферии. При рассматривании диска через щель свободного камертона, дающего при возбуждении его ударом  $N$  открытый щели в минуту, может наблюдаться замедленное прращение в ту или иную сторону стробоскопического изображения фигуры. Замечая, что наблюденное число зубцов  $Z$  стробоскопического изображения бывает или одинаково с действительным числом зубцов  $z$  фигуры, или в целое число раз больше его, выразим это обстоятельство в виде равенства:

$$Z = iz, \quad (1)$$

где  $i$  — целое положительное число.

Регулировкой скорости вращения испытываемого вала можно при известных соотношениях  $\frac{n}{N}$  добиться остановки того или иного стробоскопического изображения. Наименьшая скорость  $n_1$ , при которой наблюдается остановка стробоскопического изображения, состоящего из  $Z = z$  зубцов, определяется соотношением:

$$\frac{1}{N} = \frac{1}{zn_1}. \quad (2)$$

Условимся местоположение любого зубца фигуры по отношению к другим зубцам той же фигуры определять не путем нумерации, а порядком соседства и называть  $z$ -й и  $2$ -й,  $(z-1)$ -й и  $3$ -й,  $(z-2)$ -й и  $4$ -й и т. д. зубцы соответственно первыми, вторыми, третьими и т. д. по порядку соседями по отношению к  $1$ -му зубцу.

Тогда соотношение (2) выражает равенство промежутков времени между следующими друг за другом открытиями щели камертона и промежутками времени, необходимыми для поворота любого зубца фигуры из предшествующего положения в положение первого по порядку соседа. Из этого вытекает, что зубцы фигуры будут неощутимы глазом в промежутки времени закрытия щели и будут восприняты им в моменты ее открытия всегда в одном и том же положении относительно связанной с глазом наблюдателя неподвижной системы координат и, вследствие этого, создадут иллюзию неподвижного стробоскопического изображения. При увеличении скорости испытываемого вала до значений  $n_2, n_3, \dots, n_k$  вдвое, втрое, в „ $k$ “ раз больших значения  $n_1$  будут наблюдаться точно такие же остановки стробоскопических

образений, так как каждый зубец фигуры в этих случаях, за время закрытого состояния щели камертона, успеет из предшествующего положения занять положение второго, третьего и т. д. по порядку соседа. Для этих случаев соотношение (2) приобретает вид:

$$\frac{1}{N} = \frac{k}{zn_k}, \quad (3)$$

где  $k$  может принимать любые целые положительные значения. Рассмотрим изображение, состоящее из  $Z = z$  зубцов, называть его  $i$ -кратным стробоскопическим изображением и его остановку, соответствующую скорости  $n_k$ , — остановкой  $k$ -го порядка.

Соотношение (3) не теряет силы и остается справедливым также и для остановок стробоскопических изображений, в которых наблюденное число зубцов  $Z$  в 2, 3...  $i$  раз больше действительного числа зубцов  $z$  фигуры. В этих случаях порядок остановки  $k$  изображения принимает дробные значения вида:  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$ , и т. д. или:  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{2}{3}$ ,  $\frac{1}{3}$  и т. д., или вообще вида:  $k = \frac{l+m}{i}$ , где число  $l$  может принимать любые целые значения или быть нулем, число  $m$  — целые, но взаимно простые с  $i$  значения от 1 до  $i-1$ . Так, например, при  $k = \frac{1}{2}$  каждый зубец фигуры станет из предшествующего положения на место своего соседа лишь в каждое второе открытие щели камертона, а к моменту первого ее открытия он будет виден только в своем промежуточном положении; при  $k = l + \frac{m}{i}$  тот же зубец станет на место  $(l+1)$ -го соседа лишь в каждое  $i$ -ое открытие щели, а до этого открытия он будет виден только в  $(i-1)$  промежуточных положениях.

Из этого явствует, что наблюдаемое в стробоскопическом изображении число зубцов  $Z$  по сравнению с действительным числом зубцов  $z$  фигуры в первом случае удвоится, а во втором случае будет в  $i$  раз больше.

В соответствии с предыдущим изображением, состоящие из  $2z, 3z, \dots, iz$  зубцов, будем называть удвоенными, утроенными или  $i$ -кратными стробоскопическими изображениями, их остановки, соответствующие скорости  $n_k$ , считать остановками дробного порядка „ $k$ “ наблюдаемой фигуры диска. Соотношение (3) дает возможность при известном числе зубцов фигуры  $z$ , известном числе открытий щели камертона в минуту  $N$  и известном целом или дробном порядке остановки  $k$  основной фигуры, вызывающем соответствующую кратность стробоскопического изображения, выразить искомую угловую скорость  $n_k$  испытываемого вала в об/мин формулой:

$$n_k = \frac{N}{z} \cdot k. \quad (4)$$

Подчеркнем здесь, что в формулу (4) входит только действительное число  $z$  зубцов фигуры, хотя бы в силу дробной вели-

чины  $k$  нами наблюдалось стробоскопическое ее изображение, состоящее из  $Z = iz$  зубцов. Что касается кратности видимого стробоскопического изображения, то она определяется исключительно знаменателем  $i$  дроби  $k = \frac{n + m}{i}$ .

б) Формулы скольжения. Неподвижные стробоскопические изображения, в согласии с вышесказанным, получают при вполне определенных соотношениях  $\frac{n_k}{N}$ . Если скорость испытываемого вала  $n_k$ , соответствующая порядку  $k$  остановки стробоскопического изображения, состоящего из  $Z = iz$  зубцов, увеличится или уменьшится до значения  $n$ , мало отличающегося от значения  $n_k$ , то теоретически должны измениться и наблюдаемое число зубцов стробоскопического изображения и его порядок в соответствии с новой скоростью  $n$ . Так, например, при уменьшении скорости  $n_k$  на 1 об/мин скорость  $n$  можно представить в виде:

$$n = n_k - 1 = \frac{N}{z} \cdot k - 1 = \frac{N}{z} \left( k - \frac{z}{N} \right)$$

или, окончательно:

$$n = \frac{N}{z} \left( k - \frac{1}{\frac{N}{z}} \right). \quad (5)$$

Из равенства (5) следует, что уменьшение скорости  $n_k$  на 1 об/мин теоретически должно увеличить ранее наблюдаемое число зубцов  $Z$  стробоскопического изображения до величины  $Z = \frac{N}{z} \cdot z = N$ , так как кратность изображения станет равной  $\frac{N}{z}$ , и уменьшить значение порядка  $k$  на малую дробь  $\frac{z}{N}$ . Столь большое число зубцов в стробоскопическом изображении теоретически должно появиться потому, что каждый зубец фигуры в этом случае, до того как он к моменту  $\frac{N}{z}$  открытия щели камертона займет положение  $(k + 1)$ -го соседа, должен быть виден также и в  $\left(\frac{N}{z} - 1\right)$  промежуточных положениях. Ясно, что эти промежуточные положения зубец займет не одновременно, а за время  $\frac{N}{z}$  открытий щели камертона, т. е. за время  $\frac{N}{z} \cdot \frac{1}{N} = \frac{1}{z}$  минут, в течение которых испытуемый вал успеет сделать  $\frac{n}{z}$  оборотов. Именно, в следующие друг за другом открытия щели камертона, начиная с первого и кончая  $\left(\frac{N}{z} - 1\right)$ -ым открытием, каждый зубец фигуры будет постепенно на небольшой угол опережать или отставать от соответственных положений, занимавшихся  $(k + 1)$ -м соседом в толевое или какое-либо другое предшествующее его положение, посылая в глаз наблюдателя при каждом

открытии щели камертона соответственно смещенные зрительные кадры.

В виду же полного подобия формы наблюдаемых в данном случае зубцов и малости взаимного смещения соседних кадров, воспринимаемых глазом от различных зубцов, а также в силу отмеченной ранее роли зрительного последствия при выработке сознания иллюзорных представлений о движении при частично воспринимаемых кадрах, наблюдатель будет отождествлять в состоянии соседние кадры, воспринимаемые глазом от различных зубцов, и в результате при скорости вала  $n$  об/мин будет видеть стробоскопическое изображение не теоретически вычисляемые по формуле (5)  $N$  зубцов, а только  $Z = iz$  зубцов, вращающихся со скоростью 1 об/мин, которые наблюдались им при скорости  $n$  в состоянии покоя. Таким образом, стробоскопическое изображение, наблюдаемое при скорости  $n_k$  в состоянии покоя, при скорости  $n$ , отличной от  $n_k$  на 1 оборот в минуту, начнет вращаться в прямую или попятную сторону тоже со скоростью 1 об/мин.

При изменении скорости  $n_k$  не на 1 об/мин, а на  $n_s$  об/мин, такое число —  $n_s$  раз увеличится и скорость вращения или, как говорят, скольжения стробоскопического изображения.

Таким образом, скорости  $n_k$ ,  $n$  и  $n_s$  связаны между собою выражением:

$$n = n_k \pm n_s, \quad (6)$$

где знак  $+$  имеет место при одинаковых направлениях скольжения изображения и вращения испытываемого вала, а знак  $-$  при противоположных направлениях.

Для определения абсолютного скольжения, вернее его скорости  $n_s$ , подсчитывают число зубцов  $\zeta$  стробоскопического изображения, прошедших за время  $t$  секунд, определенных по секундомеру, мимо неподвижного указателя, расположенного против диска. Так как при  $n_s = 1$  об/мин мимо указателя пройдут все  $Z = iz$  зубцов, то пройденным за  $t$  секунд  $\zeta$  зубцам будет соответствовать абсолютное скольжение в оборотах в минуту:

$$n_s = \frac{60\zeta}{tz}. \quad (7)$$

Формулы (4), (6) и (7) позволяют, следовательно, определить искомую скорость вращения вала  $n$ , если только известны все входящие в эти формулы величины.

При всяких расчетах точности стробоскопических наблюдений и в других сходных случаях вместо абсолютного скольжения  $n_s$ , обыкновенно пользуются относительным скольжением  $S$ , значение которого определяется формулой:

$$S = \frac{n_s}{n_k} = \frac{|n_k - n|}{n_k}, \quad (8)$$

где  $n_k - n$  есть абсолютное значение разности  $n_k - n$ .

На основании соотношения (7) мы формулу (8) можем записать таким выражением:

$$S = \frac{60\%}{izt} \cdot \frac{1}{n_k} \quad (9)$$

Относительное скольжение в некоторых случаях удобно выражать в процентах; соответствующая формула приобретает тогда вид:

$$S\% = \frac{6000\%}{izt} \cdot \frac{1}{n_k} \quad (10)$$

в) Точность строботахометра. Основное назначение строботахометра состоит в определении с практически необходимой точностью измерения (порядка 0,3%) действительного значения угловой скорости вала тахометрического станка, сообщаемого в свою очередь вращению приводному валу испытываемого тахометра. В процессе применения строботахометра было отмечено, что при известных условиях точность измерений может быть без затруднений доведена до 0,1% измеряемой величины. Постараемся выяснить эти условия.

Обозначим через  $n_k$  действительное значение угловой скорости испытываемого вала; пусть скорость  $n_k$  соответствует остановке  $k$ -го порядка стробоскопического изображения, состоящего из  $Z = iz$  зубцов. Обозначим через  $\Delta n_k$  абсолютную погрешность при определении с помощью строботахометра скорости  $n_k$ . Ограничивая относительную погрешность строботахометра пределом в 0,1%, запишем это условие в виде:

$$\frac{100 \cdot \Delta n_k}{n_k} = 0,1 \text{ или } \Delta n_k = 0,001 n_k \quad (11)$$

Пусть такое изменение  $\Delta n_k$  скорости вала имело место в действительности; тогда, так как  $\Delta n_k$  есть величина малая, наше стробоскопическое изображение начнет скользить со скоростью  $\Delta n_k$  оборотов в минуту, а это значит, что угловая скорость испытываемого вала определится нами при помощи строботахометра с погрешностью меньшей 0,1% во всех тех случаях, когда пренебрегаемое нами абсолютное значение скольжения изображения не превышает  $|\Delta n_k|$ . Следовательно, для достижения при помощи строботахометра точности измерения в 0,1% необходимо, чтобы пренебрегаемое нами относительное скольжение стробоскопических изображений, соответствующих измеряемым скоростям, не превышало 0,1%. При этом предполагается, что частота камертона нам известна с точностью порядка 0,01 — 0,02%.

## § 6. ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО СТРОБОТАХОМЕТРА

В соответствии с только что изложенной теорией строботахометра измерения с помощью него могут выполняться на основе формулы остановок или формул скольжения. Очевидно, что первый

нем измерения будет более простым, так как при известной частоте камертона скорости, соответствующие всем возможным наблюдениям остановкам, могут быть вычислены заранее и расположены в виде удобной для практического пользования таблицы скоростей, представляющей собой шкалу скоростных реперов строботахометра. В практике лаборатории времени как раз и был применен этот наиболее простой и скорый метод.

Далее, при разборе теории строботахометра нами молчаливо выяснилось, что входящие в правую часть формулы (4) величины, том числе и порядок остановки  $k$  становятся нам без затруднений известными в самом процессе измерений. На самом деле не так, так как обычный процесс наблюдения стробоскопических фигур не дает никаких указаний на порядок остановки, т. е. не дает однозначного решения вопроса о действительном значении измеряемой скорости. В качестве средства для определения порядка остановки стробоскопического изображения лабораторией был применен вспомогательный тахометр особой конструкции, так как предварительное грубое (до 2—3%) измерение угловой скорости испытуемого вала, при которой наблюдалась остановка стробоскопического изображения, давало вполне определенное значение порядка остановки и, следовательно, вело к вполне однозначному численному значению измеряемой скорости.

Таким образом, в своем полном виде, строботахометр состоит из четырех нижеследующих частей:

- а) свободного камертона со щелевым обтюратором,
- б) набора стробоскопических дисков,
- в) таблицы-шкалы скоростных реперов и
- г) вспомогательного тахометра, служащего для определения порядка остановки.

## § 7. ДЕТАЛИ УСТРОЙСТВА СТРОБОТАХОМЕТРА

Ниже приводится детальное описание отдельных частей строботахометра в том виде, в каком он был разработан и осуществлен в лаборатории времени ВНИИМ.

а) Свободный камертон. Применяемый в строботахометре свободный камертон (рис. 1)<sup>1</sup> служит для наблюдения стробоскопических изображений сквозь отверстие его качающегося щелевого обтюлятора. При наблюдениях камертон держат в руке, для чего он снабжен деревянной рукояткой, закрепленной на его ножке. К концам ветвей камертона прикреплены две одинаковые стальные пластинки с перекрывающимися друг друга прорезами, образующими упомянутый щелевой обтюратор. При спокойном

<sup>1</sup> На рис. 1 камертон изображен в двух проекциях и отдельно изображена пластинка щелевого обтюлятора то же в двух проекциях.

состоянии камертона щель обтюратора закрыта, а при возбуждении камертона ударом свободной руки глаз наблюдателя будет видеть сквозь щель стробоскопическое изображение вращающегося диска до тех пор, пока амплитуда колебаний камертона не уменьшится до того предела, при котором щель обтюратора перестанет открываться.

При изготовлении камертона к строботаксметру следует придерживаться ряда выработанных опытом правил, перечисленных

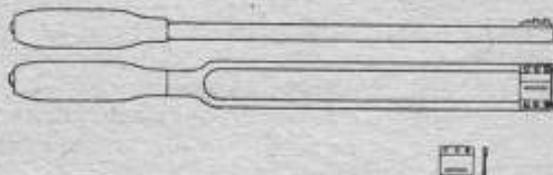


Рис. 1.

которых и поставим нашей ближайшей задачей.

Камертон к строботаксметру следует делать из одного целого куска углеродистой незакаленной стали.

Определение основных размеров камертона для обеспечения ему нужной частоты колебаний ведется по формуле Меркадони

$$f = 818270 \frac{d}{(l + 3,8)^2}, \quad (12)$$

где  $f$  — частота камертона в Hz,  $d$  — толщина, а  $l$  — длина в мм каждой ветви камертона до центра выкружки. Толщину ветвей низкочастотных камертонов, которые применяются в строботаксметре ( $f = 45-50$  Hz), рекомендуется брать не менее 5 мм, а высоту их не менее 10 мм, отдавая предпочтение более крупным размерам.

Обе ветви камертона должны иметь равное друг другу и на всем участке их длины постоянное прямоугольное сечение. Наружные и внутренние кромки обеих ветвей на том же участке должны быть прямыми параллельными линиями, а грани ветвей должны быть плоско отшлифованы. Постоянство сечения ветвей на прямолинейном участке их длины необходимо выдержать при механической обработке камертона с допуском  $\pm 0,02$  мм по каждому из линейных размеров, а взаимную параллельность внутренних кромок с допуском  $\pm 0,5$  мм. Выкружке между внутренними кромками обеих ветвей придает форму полукруга, плавно сопрягающегося с внутренними кромками ветвей; очертание наружных кромок ветвей от запяточника ножки камертона до сопряжения с прямолинейным участком наружных кромок необходимо выполнить по плавной кривой. Нормальные сечения кривого участка ветви плоскостями, проходящими через центр выкружки, должны быть не меньше сечения ветви на прямо-

ейном ее участке. Ножка камертона может быть произвольной длины и иметь цилиндрическую или призматическую форму сечением не меньшим, чем сечение ветви на прямолинейном участке. Кроме того, ножка должна иметь с камертоном общую симметрию. Стальные пластинки выполняются в форме неравноугольного угольника с различной толщиной полок; ширина смотровых прорезов в них не должна превосходить 1 мм, длина — 1 мм; остальные размеры выбирают в зависимости от расстояния между внутренними кромками ветвей камертона и их толщины. По выполнению механической обработки камертона путем соответствующего испытания определяется его действительная частота, которая вслед за тем подгоняется к наперед заданной расчетной частоте при помощи постепенного укорачивания ветвей камертона.

После каждого такого укорачивания производится, разумеется, повторное определение частоты, что позволяет всю операцию подгонки производить с достаточной уверенностью в ее конечном результате.

Для расчета укорачивания ветвей следует пользоваться дифференциальным выражением формулы Меркадье в виде:

$$dl = -\frac{1+3,8}{2} \cdot \frac{df}{f}, \quad (13)$$

где  $dl$  — искомое приращение длины ветвей в мм, а  $df$  — разность между действительной и заданной частотами камертона; знак — означает, что для увеличения частоты камертона длину ветвей следует уменьшить.

В качестве основного камертона строботакметра берется камертон в 50 Hz или 3000 колебаний в минуту. Если предполагается, с целью увеличения числа скоростных реперов шкалы, пользоваться набором камертонов, то его можно составить из трех или даже четырех камертонов на 3000, 2900, 2800 и 2700 колебаний в минуту (50 Hz,  $48 \frac{1}{3}$  Hz,  $46 \frac{2}{3}$  Hz и 45 Hz). Размеры их в этом случае при механической обработке делают одинаковыми, рассчитывая их для всех камертонов под частоту в 45 Hz, длину же ветвей окончательно устанавливают разность для каждого камертона при доводке их под заданные частоты.

Доводку выполняют так, чтобы при  $+20^\circ\text{C}$  камертоны имели заданную частоту с погрешностью меньшей 0,025 Hz. Такая точность доводки камертонов позволяет непосредственно — без учета температурных влияний — пользоваться заранее вычислениями под заданные частоты (50 Hz,  $48 \frac{1}{3}$  Hz,  $46 \frac{2}{3}$  Hz и 45 Hz) значениями скоростных реперов таблицы шкалы строботакметра при любой температуре окружающего воздуха, лежащей в пределах от  $+10^\circ\text{C}$  до  $+30^\circ\text{C}$ , так как это влияние, по малости температурного коэффициента стальных камертонов (около 0,01% на  $1^\circ\text{C}$ ), не превзойдет 0,1% табличных значений скоростных реперов.

б) Стробоскопические диски. Диск строботаксметра представляет собой сплошной круг без щелей с отверстием в центре, при помощи которого он насаживается на центрирующую его оправку. Оправка в свою очередь закрепляется на валу станка, служащего для испытания тахометров. Наиболее подходящим материалом для диска является плотный белый картон толщиной 2—3 мм. Сторона диска, обращенная к наблюдателю, делится концентрическими окружностями на несколько колец, обычно от 2 до 7 колец одинаковой ширины. На каждое кольцо диска черной краской наносятся фигуры, состоящие из заранее

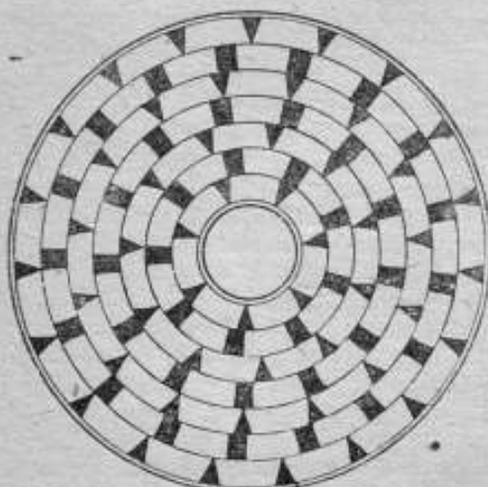


Рис. 2.

выбранного числа соответственно одинаковых зубцов и впадин, равномерно распределенных по периферии. Зубцам придают вид прямоугольников, треугольников или секторов. Числа зубцов фигур на кольцах диска должны убывать в направлении от периферии к центру. В зависимости от числа зубцов  $z$  каждую фигуру удобно именовать соответственным ей многоугольником  $o$   $z$  сторонах.

В результате проведенных в свое время в лаборатории времени ВНИИМ опытов с различными моделями дисков

было установлено, что для целей испытания тахометров наиболее удобны модели дисков, имеющие от 7 до 32 зубцов. При этих числах зубцов стробоскопические изображения хорошо видны, и, кроме того, при них для строботаксметра получается довольно плавная шкала с достаточным количеством скоростных реперов. В качестве основного диска строботаксметра удобно взять диск с числом зубцов 19, 17, 15, 13, 11, 9 и 7 (рис. 2). Основной диск в совокупности с основным камертоном в 50 Hz обеспечивает в диапазоне измерений строботаксметра от 58 до 3000 об/мин шкалу, состоящую из 83 скоростных реперов, с ordinarily, хорошо видимыми стробоскопическими изображениями. Добавление диска с числом зубцов 20, 18, 16, 14, 12, 10 и 8 позволяет в том же диапазоне измерений прибавить к шкале строботаксметра еще 50 реперов, а набор из трех, четырех камертонов даст возможность утроить, учетверить число реперов шкалы и таким образом с достаточной полнотой и плавностью обслужить

более часто приме-  
няющийся при испыта-  
ниях тахометров диапа-  
зон измерений. Диски  
с числами зубцов 31,  
27, 25, 23 и 21  
(рис. 3) или 32, 30, 28,  
24 и 22 могут при-  
меняться для диапазона  
измерений от 3000 до  
10000 об/мин. Но в этом  
случае тахометриче-  
ский станок, кроме  
основного вала, враща-  
ющегося со скоростью  
20—6000 об/мин, дол-  
жен иметь еще допол-  
нительный вал, кото-  
рый при помощи зуб-  
чатой или червячной  
передачи приводится в  
движение от основного  
вала и вращается со  
скоростью в 10 раз  
меньшей последнего.  
На этом дополнитель-  
ном валу и крепятся  
диски, как названные  
выше с 31—21 и 32—22  
зубцами, обеспечивая  
непосредственное на-  
хождение стробоскопи-  
ческих изображений и  
измерение скоростей в  
диапазоне от 20 до 600  
об/мин дополнитель-  
ного вала и косвенно  
измерение скоростей  
основного вала от  
2000 до 6000 об/мин.

Кроме того, в неко-  
рых случаях, напри-  
мер, при градуировке  
при испытании большой  
серии однотипных та-  
хометров можно с боль-  
шей выгодой в смысле  
экономии времени при-

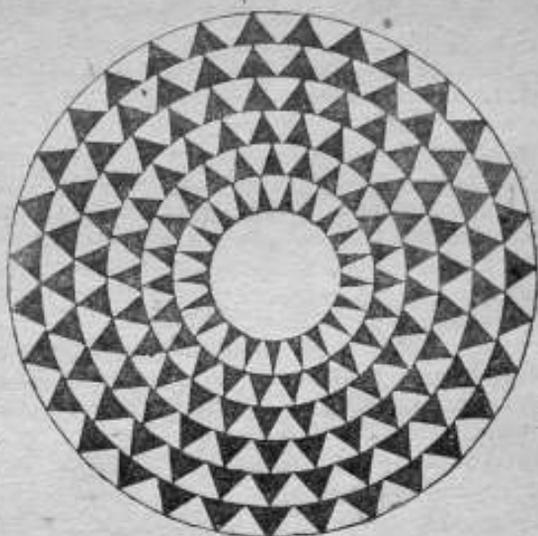


Рис. 3.

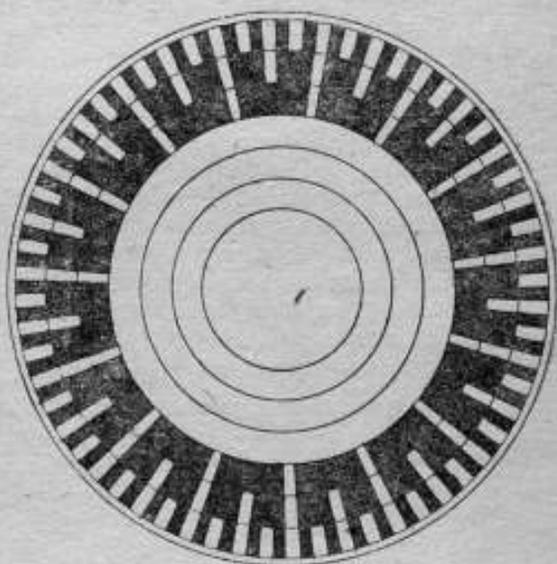


Рис. 4.

менять диски с числами зубцов: при камертоне в 50 Hz — 60, 30 и 15 зубцов (рис. 4), при камертоне в  $46 \frac{2}{3}$  Hz — 54, 28 и 14 зубцов и т. д., так как такие диски обеспечивают правильно чередующиеся скоростные реперы, идущие через 50, 100 и 200 об/мин.

Помещенные здесь рисунки 2, 3 и 4 изображают образцы некоторых из перечисленных дисков, с удобствами применявшихся в практике лаборатории времени ВНИИМ.

Само вычерчивание диска не требует большой точности, так как в процессе наблюдений стробоскопических изображений разные графические неточности в его исполнении сами собой сглаживаются, давая достаточно четкие зрительные кадры всего диска в целом в виде тех или иных стробоскопических изображений.

Деление концентрических кругов на нужное число секций может быть выполнено при помощи циркуля или транспортира, а еще удобнее с помощью круговой делительной машины.

в) Шкала строботахометра. Вычисление шкалы строботахометра производится по формуле остановок стробоскопических изображений:

$$n_k = \frac{N}{z} \cdot k, \quad (4)$$

Так как от порядка  $k$  остановки в большой мере зависит степень видимости или отчетливости стробоскопических изображений, то в формуле (4) величине  $k$  нельзя придавать слишком больших значений; на практике для большинства фигур с  $z$  зубцами порядок остановки  $k$  не должен превышать числа  $2z$ , т. е. удвоенного числа зубцов фигуры, а дробные значения  $k$  следует ограничивать дробями с числителем не более  $2z-1$  и знаменателем не более 2.

Непосредственное же вычисление угловых скоростей для составления таблиц достаточно проделать от 1-го до  $z$ -го порядка — для остановок ординарных стробоскопических изображений и от  $\frac{1}{2}$ -го до  $\frac{z}{2}$ -го порядка — для остановок удвоенных стробоскопических изображений, так как дальнейшее вычисление может быть сделано более удобным косвенным путем. Действительно, по достижении каждым стробоскопическим изображением диска, состоящего из нескольких фигур, ординарным —  $z$ -го порядка, а удвоенным —  $\frac{z}{2}$ -го порядка одновременно будет наблюдаться остановка соответственно ординарного и удвоенного изображения всех фигур диска, что произойдет, очевидно, при скоростях испытываемого вала, численно равных  $n_z = N$  об/мин и  $n_{\frac{z}{2}} = \frac{N}{2}$  об/мин.

Как раз при скорости  $n_z = N$  об/мин закончится полный цикл неповторяющихся чередований остановок ординарных стробоскопических изображений, а при скорости  $n_{\frac{z}{2}} = \frac{N}{2}$  об/мин — такой же цикл остановок удвоенных стробоскопических изображений для различных фигур диска. При дальнейшем повышении скорости испытываемого вала в пределах от  $n_z = N$  об/мин и

$n_{2z} = 2N$  об/мин чередование остановок ординарных стробоскопических изображений будет происходить вновь в той же последовательности, как и в первом цикле, с той только разницей, что порядок остановки будет на  $z$  больше и соответствующей ему скорость вала будет на  $N$  об/мин больше порядка и скорости первого цикла. При скоростях вала в пределах от  $\frac{N}{2}$  об/мин и до  $n_{2z} = N$  об/мин начнется также второй цикл попеременного чередования остановок удвоенных стробоскопических изображений, причем порядок остановки будет в нем на  $\frac{z}{2}$  больше соответствующая ему скорость вала будет на  $\frac{N}{2}$  об/мин больше порядка и скорости первого цикла.

Указанные замечания о взаимном подобии циклов и используются для вычисления порядков остановок и скоростных реперов, соответствующих вторым циклам остановок стробоскопических изображений.

Непосредственные вычисления скоростных реперов 1-го цикла, отвечающих целым и дробным порядкам остановок стробоскопических изображений, лучше делать не порознь, а параллельно. Эти вычисления располагают в виде табл. I, в заголовках столбцов которой помещают постоянные для данных чисел зубцов коэффициенты:  $C = \frac{N}{2z}$ ; отдельные строки таблицы получают затем путем умножения этих коэффициентов на множители 1, 2, 3 и т. д. В табл. I, данной в виде примера, вычисления скоростных реперов 1-го цикла для остановок ординарных и удвоенных стробоскопических изображений проделаны для основного диска с числом зубцов 19, 17, 15, 13, 11, 9 и 7 и основного камертона с числом колебаний в минуту  $N = 3000$ . Но в таком виде эта таблица не вполне пригодна для практического пользования, так как скоростные реперы располагаются в ней в неудобном для обозрения и быстрого отыскания порядке.

Поэтому на основании значений табл. I составляют табл. II, в которой скоростные реперы располагаются в порядке возрастания скорости, а рядом с ними приведены наблюдающиеся фигуры стробоскопических изображений и порядок их остановки. В табл. II шкала скоростных реперов строботахометра для ординарных изображений доведена до конца второго цикла, т. е. до 6000 об/мин. Отметим здесь, что в диапазоне измерений от 3000 до 6000 об/мин стробоскопические изображения, в виду крупных значений их порядков остановки, наблюдаются с трудом и могут быть отмечены лишь при значительном навыке наблюдателя к подобным наблюдениям.

7) Вспомогательный тахометр. Как уже упоминалось, вспомогательный тахометр служит исключительно для опознава-

Таблица I—Tableau I

Вычисление скоростных реперов шкалы для камертона с числом колебаний в минуту  $N = 3000$  и основного диска

Calcul des repères de vitesse angulaire de l'échelle pour le diapason à  $N = 3000$  oscillations par minute et pour le disque fondamental

| Порядок остановки изображения к.<br>L'ordre de l'arrêt de l'image k | Множители $2k$<br>Multiplicateurs $2k$ | Число зубцов в фигурах диска и коэффициенты C<br>Nombre de dents dans les figures du disque et coefficients C |         |         |         |         |         |         |
|---|--|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|   |  | 19  | 17      | 15      | 13      | 11      | 9       | 7       |
|   |  | 78,9474   | 88,2353 | 100,000 | 115,385 | 136,364 | 166,667 | 214,286 |
| Скорости диска $n_k$<br>Vitesses du disque $n_k$                    |  |   |         |         |         |         |         |         |
| ½   | 1                                      | 78,95   | 88,24   | 100,0   | 115,4   | 136,4   | 166,7   | 214,3   |
| 1   | 2                                      | 157,9   | 176,5   | 200,0   | 230,8   | 272,7   | 333,3   | 428,6   |
| 1½  | 3                                      | 236,8   | 264,7   | 300,0   | 346,2   | 409,1   | 500,0   | 642,9   |
| 2   | 4                                      | 315,8   | 352,9   | 400,0   | 461,5   | 545,5   | 666,7   | 857,1   |
| 2½  | 5                                      | 394,7   | 441,2   | 500,0   | 576,9   | 681,8   | 833,3   | 1071,4  |
| 3   | 6                                      | 473,7   | 529,4   | 600,0   | 692,3   | 818,2   | 1000    | 1286    |
| 3½  | 7                                      | 552,6   | 617,6   | 700,0   | 807,7   | 954,5   | 1167    | 1500    |
| 4   | 8                                      | 631,6   | 705,9   | 800,0   | 923,1   | 1091    | 1333    | 1714    |
| 4½  | 9                                      | 710,5   | 794,1   | 900,0   | 1038    | 1227    | 1500    | —       |
| 5   | 10                                     | 789,5   | 882,4   | 1000    | 1154    | 1364    | 1667    | 2143    |
| 5½  | 11                                     | 868,4   | 970,6   | 1100    | 1269    | 1500    | —       | —       |
| 6   | 12                                     | 947,4   | 1059    | 1200    | 1385    | 1636    | 2000    | 2571    |
| 6½  | 13                                     | 1026  | 1147    | 1300    | 1500    | —       | —       | —       |
| 7   | 14                                     | 1105  | 1235    | 1400    | 1615    | 1909    | 2333    | 3000    |
| 7½  | 15                                     | 1184  | 1324    | 1500    | —       | —       | —       | —       |
| 8   | 16                                     | 1263  | 1412    | 1600    | 1846    | 2182    | 2667    | —       |
| 8½  | 17                                     | 1342  | 1500    | —       | —       | —       | —       | —       |
| 9   | 18                                     | 1421  | 1588    | 1800    | 2077    | 2455    | 3000    | —       |

Таблица I (окончание) — Tableau I (fin)

| Изображение в<br>L'ordre de l'arrêt de<br>l'image $k$ | Множители $2k$<br>Multiplicateurs $2k$ | Число зубцов в фигурах диска и коэффициенты $C$<br>Nombre de dents dans les figures du disque et coefficients $C$ |         |         |         |         |         |         |
|---|--|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|   |  | 19  | 17      | 15      | 13      | 11      | 9       | 7       |
|   |  | 78,9474   | 88,2353 | 100,000 | 115,385 | 136,364 | 166,667 | 214,286 |
| Скорости диска $n_d$<br>Vitesses du disque $n_d$      |  |   |         |         |         |         |         |         |
| 9%  | 19                                     | 1500  | —       | —       | —       | —       | —       | —       |
| 10  | 20                                     | 1579  | 1765    | 2000    | 2308    | 2727    | —       | —       |
| 11  | 22                                     | 1737  | 1941    | 2200    | 2538    | 3000    | —       | —       |
| 12  | 24                                     | 1895  | 2118    | 2400    | 2769    | —       | —       | —       |
| 13  | 26                                     | 2053  | 2294    | 2600    | 3000    | —       | —       | —       |
| 14  | 28                                     | 2211  | 2471    | 2800    | —       | —       | —       | —       |
| 15  | 30                                     | 2368  | 2647    | 3000    | —       | —       | —       | —       |
| 16  | 32                                     | 2526  | 2824    | —       | —       | —       | —       | —       |
| 17  | 34                                     | 2684  | 3000    | —       | —       | —       | —       | —       |
| 18  | 36                                     | 2842  | —       | —       | —       | —       | —       | —       |
| 19  | 38                                     | 3000  | —       | —       | —       | —       | —       | —       |

в порядке остановки стробоскопического изображения, так как при неизвестном порядке остановки изображения наблюдаемому изображению будет соответствовать целый ряд различных скоростей диска. Поэтому пользование строботаксометром сопряжено с предварительным грубым определением по вспомогательному тахометру искомой скорости испытываемого вала, при которой намечена к наблюдению та или иная остановка стробоскопического изображения выбранной фигуры диска. В качестве вспомогательного тахометра может служить рабочий тахометр любой системы. Необходимо только, чтобы диапазон измерений этого тахометра был одинаков с диапазоном измерения строботаксометра и чтобы поправки тахометра были определены с погрешностями, не превышающими  $\frac{2N}{5z_m}$  об/мин, где  $N$  — число колебаний камертона в минуту, а  $z_m$  — наибольшее число зубцов, оптически изображенное в какой-либо из применяющихся фигур

Шкала строботаксиметра при основном камертоне с числом колебаний в минуту  $N=3000$  и основным диске с числом зубцов:  $z=19, 17, 15, 13, 11, 9$  и 7

Échelle du strobotaхymètre pour le diapason fondamental à  $N=3000$  oscillations par minute et pour le disque fondamental avec le nombre de dents:  $z=19, 17, 15, 13, 11, 9$  et 7

| Скорость диска об/мин $n_d$<br>Vitesse du disque rev. p. min. $n_d$ | Ординарное изображение<br>Image ordinaire |   | Удвоенное изображение<br>Image doublée |   | Скорость диска об/мин $n_d$<br>Vitesse du disque rev. p. min. $n_d$ | Ординарное изображение<br>Image ordinaire |   | Удвоенное изображение<br>Image doublée |   |
|---|---|---|--|---|---|---|---|--|---|
|   | Фигура $z$<br>Figure $z$                  | Порядок остановки $k$<br>Ordre de l'arrêt $k$ | Фигура $z$<br>Figure $z$               | Порядок остановки $k$<br>Ordre de l'arrêt $k$ |   | Фигура $z$<br>Figure $z$                  | Порядок остановки $k$<br>Ordre de l'arrêt $k$ | Фигура $z$<br>Figure $z$               | Порядок остановки $k$<br>Ordre de l'arrêt $k$ |
|   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |
| 78,95   | —   | —   | 19                                     | ½   | 346,2   | —   | —   | 13                                     | 1%  |
| 88,24   | —   | —   | 17                                     | ½   | 352,9   | 17  | 2   | —                                      | —   |
| 100,0   | —   | —   | 15                                     | ½   | 394,7   | —   | —   | 19                                     | 2%  |
| 115,4   | —   | —   | 13                                     | ½   | 400,0   | 15  | 2   | —                                      | —   |
| 136,4   | —   | —   | 11                                     | ½   | 409,1   | —   | —   | 11                                     | 1%  |
| 157,9   | 19  | 1   | —                                      | —   | 428,6   | 7   | 1   | —                                      | —   |
| 166,7   | —   | —   | 9                                      | ½   | 441,2   | —   | —   | 17                                     | 2%  |
| 176,5   | 17  | 1   | —                                      | —   | 461,5   | 13  | 2   | —                                      | —   |
| 200,0   | 15  | 1   | —                                      | —   | 473,7   | 19  | 3   | —                                      | —   |
| 214,3   | —   | —   | 7                                      | ½   | 500,0   | —   | —   | 15                                     | 2%  |
| 230,8   | 13  | 1   | —                                      | —   | 500,0   | —   | —   | 9                                      | 1%  |
| 236,8   | —   | —   | 19                                     | 1½  | 529,4   | 17  | 3   | —                                      | —   |
| 264,7   | —   | —   | 17                                     | 1½  | 545,5   | 11  | 2   | —                                      | —   |
| 272,7   | 11  | 1   | —                                      | —   | 552,6   | —   | —   | 19                                     | 3%  |
| 300,0   | —   | —   | 15                                     | 1½  | 576,9   | —   | —   | 13                                     | 2%  |
| 315,8   | 19  | 2   | —                                      | —   | 600,0   | 15  | 3   | —                                      | —   |
| 333,3   | 9   | 1   | —                                      | —   | 617,6   | —   | —   | 17                                     | 3%  |

Таблица II (продолжение) — Tableau II (suite)

| Скорость диска об./мин. $n_k$<br>Vitesse du disque rev. p. min. $n_k$ | Обыкновенное изображение<br>Image ordinaire |   | Удвоенное изображение<br>Image doublée |   | Скорость диска об./мин. $n_k$<br>Vitesse du disque rev. p. min. $n_k$ | Обыкновенное изображение<br>Image ordinaire |   | Удвоенное изображение<br>Image doublée |   |
|---|---|---|--|---|---|---|---|--|---|
|   | Фигура z<br>Figure z                        | Порядок остановки $k$<br>Ordre de l'arrêt $k$ | Фигура z<br>Figure z                   | Порядок остановки $k$<br>Ordre de l'arrêt $k$ |   | Фигура z<br>Figure z                        | Порядок остановки $k$<br>Ordre de l'arrêt $k$ | Фигура z<br>Figure z                   | Порядок остановки $k$<br>Ordre de l'arrêt $k$ |
| 931,6   | 19  | 4   | —                                      | —   | 954,5   | —   | —   | 11                                     | 3%  |
| 942,9   | —   | —   | 7                                      | 1%  | 970,6   | —   | —   | 17                                     | 5%  |
| 966,7   | 9   | 2   | —                                      | —   | 1000  | 15  | 5   | —                                      | —   |
| 981,8   | —   | —   | 11                                     | 2%  | 1000  | 9   | 3   | —                                      | —   |
| 992,3   | 13  | 3   | —                                      | —   | 1026  | —   | —   | 19                                     | 6%  |
| 1000  | —   | —   | 15                                     | 3%  | 1038  | —   | —   | 13                                     | 4%  |
| 105,9   | 17  | 4   | —                                      | —   | 1059  | 17  | 6   | —                                      | —   |
| 110,5   | —   | —   | 19                                     | 4%  | 1071  | —   | —   | 7                                      | 2%  |
| 118,5   | 19  | 5   | —                                      | —   | 1091  | 11  | 4   | —                                      | —   |
| 124,1   | —   | —   | 17                                     | 4%  | 1100  | —   | —   | 15                                     | 5%  |
| 130,0   | 15  | 4   | —                                      | —   | 1105  | 19  | 7   | —                                      | —   |
| 137,7   | —   | —   | 13                                     | 3%  | 1147  | —   | —   | 17                                     | 6%  |
| 148,2   | 11  | 3   | —                                      | —   | 1154  | 13  | 5   | —                                      | —   |
| 153,3   | —   | —   | 9                                      | 2%  | 1167  | —   | —   | 9                                      | 3 1/2   |
| 157,1   | 7   | 2   | —                                      | —   | 1184  | —   | —   | 19                                     | 7%  |
| 168,4   | —   | —   | 19                                     | 5%  | 1200  | 15  | 6   | —                                      | —   |
| 182,4   | 17  | 5   | —                                      | —   | 1227  | —   | —   | 11                                     | 4%  |
| 190,0   | —   | —   | 15                                     | 4%  | 1235  | 17  | 7   | —                                      | —   |
| 193,1   | 13  | 4   | —                                      | —   | 1263  | 19  | 8   | —                                      | —   |
| 197,4   | 19  | 6   | —                                      | —   | 1269  | —   | —   | 13                                     | 5%  |

Таблица II (продолжение) — Tableau II (suite)

| Скорость диска об/мин $n_k$<br>Vitesse du disque rev. p. min. $n_k$ | Ординарное изображение<br>Image ordinaire |   | Удвоенное изображение<br>Image doublée |   | Скорость диска об/мин $n_k$<br>Vitesse du disque rev. p. min. $n_k$ | Ординарное изображение<br>Image ordinaire |   |
|---|---|---|--|---|---|---|---|
|   | Фигура $z$<br>Figure $z$                  | Порядок остановки $k$<br>Ordre de l'arrêt $k$ | Фигура $z$<br>Figure $z$               | Порядок остановки $k$<br>Ordre de l'arrêt $k$ |   | Фигура $z$<br>Figure $z$                  | Порядок остановки $k$<br>Ordre de l'arrêt $k$ |
| 1286  | 7   | 3   | —                                      | —   | 1765  | 17  | 10  |
| 1300  | —   | —   | 15                                     | 6%  | 1800  | 15  | 9   |
| 1324  | —   | —   | 17                                     | 7%  | 1846  | 13  | 8   |
| 1333  | 9   | 4   | —                                      | —   | 1895  | 19  | 12  |
| 1342  | —   | —   | 19                                     | 8%  | 1909  | 11  | 7   |
| 1364  | 11  | 5   | —                                      | —   | 1941  | 17  | 11  |
| 1385  | 13  | 6   | —                                      | —   | 2000  | 15  | 10  |
| 1400  | 15  | 7   | —                                      | —   | 2000  | 9   | 6   |
| 1412  | 17  | 8   | —                                      | —   | 2053  | 19  | 13  |
| 1421  | 19  | 9   | —                                      | —   | 2077  | 13  | 9   |
| 1500  | —   | —   | Все<br>фигуры                          | —   | 2118  | 17  | 12  |
| 1579  | 9   | 10  | —                                      | —   | 2143  | 7   | 5   |
| 1588  | 17  | 9   | —                                      | —   | 2182  | 11  | 8   |
| 1600  | 15  | 8   | —                                      | —   | 2200  | 15  | 11  |
| 1615  | 13  | 7   | —                                      | —   | 2211  | 19  | 14  |
| 1636  | 11  | 6   | —                                      | —   | 2294  | 17  | 13  |
| 1667  | 9   | 5   | —                                      | —   | 2308  | 13  | 10  |
| 1714  | 7   | 4   | —                                      | —   | 2333  | 9   | 7   |
| 1737  | 19  | 11  | —                                      | —   | 2365  | 19  | 15  |
|   |   |   |  |   | 2400  | 15  | 12  |

Таблица II (продолжение) — Tableau II (suite)

| Скорость диска об./мин. $n_k$<br>Vitesse du disque rev. p. min. $n_k$ | Обыкновенное изображение<br>Image ordinaire |   | Скорость диска об./мин. $n_k$<br>Vitesse du disque rev. p. min. $n_k$ | Обыкновенное изображение<br>Image ordinaire |   | Скорость диска об./мин. $n_k$<br>Vitesse du disque rev. p. min. $n_k$ | Обыкновенное изображение<br>Image ordinaire |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|   | Фигура $z$<br>Figure $z$                    | Порядок остановки $k$<br>Ordre de l'arrêt $k$ |   | Фигура $z$<br>Figure $z$                    | Порядок остановки $k$<br>Ordre de l'arrêt $k$ |   | Фигура $z$<br>Figure $z$                    | Порядок остановки $k$<br>Ordre de l'arrêt $k$ |
| 2455  | 11  | 9   | 3273  | 11  | 12  | 3923  | 13  | 17  |
| 2471  | 17  | 14  | 3316  | 19  | 21  | 3947  | 19  | 25  |
| 2526  | 19  | 16  | 3333  | 9   | 10  | 4000  | 15  | 20  |
| 2338  | 13  | 11  | 3358  | 17  | 19  | 4000  | 9   | 12  |
| 2571  | 7   | 6   | 3400  | 15  | 17  | 4050  | 17  | 23  |
| 2600  | 15  | 13  | 3429  | 7   | 8   | 4091  | 11  | 15  |
| 2647  | 17  | 15  | 3462  | 13  | 15  | 4105  | 19  | 26  |
| 2667  | 9   | 8   | 3474  | 19  | 22  | 4154  | 13  | 18  |
| 2684  | 19  | 17  | 3529  | 17  | 20  | 4200  | 15  | 21  |
| 2727  | 11  | 10  | 3546  | 11  | 13  | 4235  | 17  | 24  |
| 2769  | 13  | 12  | 3600  | 15  | 18  | 4263  | 19  | 27  |
| 2800  | 15  | 14  | 3632  | 19  | 23  | 4285  | 7   | 10  |
| 2824  | 17  | 16  | 3667  | 9   | 11  | 4333  | 9   | 13  |
| 2842  | 19  | 18  | 3692  | 13  | 16  | 4364  | 11  | 16  |
| 3000  | Все<br>фигу-<br>ры                          | —   | 3705  | 17  | 21  | 4385  | 13  | 19  |
|   |   |   | 3790  | 19  | 24  | 4400  | 15  | 22  |
| 3158  | 19  | 20  | 3800  | 15  | 19  | 4412  | 17  | 25  |
| 3176  | 17  | 18  | 3818  | 11  | 14  | 4421  | 19  | 28  |
| 3200  | 15  | 16  | 3857  | 7   | 9   | 4579  | 19  | 29  |
| 3231  | 13  | 14  | 3882  | 17  | 22  | 4588  | 17  | 26  |

Таблица II (окончание) — Tableau II (fin)

| Скорость диска об/мин $n_k$<br>Vitesse du disque rev. p. min. $n_k$ | Ординарное изображение<br>Image ordinaire |   | Скорость диска об/мин $n_k$<br>Vitesse du disque rev. p. min. $n_k$ | Ординарное изображение<br>Image ordinaire |   | Скорость диска об/мин $n_k$<br>Vitesse du disque rev. p. min. $n_k$ | Ординарное изображение<br>Image ordinaire |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|   | Фигура $z$<br>Figure $z$                  | Порядок остановки $k$<br>Ordre de l'arrêt $k$ |   | Фигура $z$<br>Figure $z$                  | Порядок остановки $k$<br>Ordre de l'arrêt $k$ |   | Фигура $z$<br>Figure $z$                  | Порядок остановки $k$<br>Ordre de l'arrêt $k$ |
| 4600  | 15  | 23  | 5053  | 19  | 32  | 5526  | 19  | 35  |
| 4615  | 13  | 20  | 5077  | 13  | 22  | 5538  | 13  | 24  |
| 4636  | 11  | 17  | 5118  | 17  | 29  | 5571  | 7   | 13  |
| 4667  | 9   | 14  | 5143  | 7   | 12  | 5600  | 15  | 28  |
| 4714  | 7   | 11  | 5182  | 11  | 19  | 5647  | 17  | 32  |
| 4737  | 19  | 30  | 5200  | 15  | 26  | 5667  | 9   | 17  |
| 4765  | 17  | 27  | 5211  | 19  | 33  | 5684  | 19  | 35  |
| 4800  | 15  | 24  | 5294  | 17  | 30  | 5727  | 11  | 21  |
| 4845  | 13  | 21  | 5308  | 13  | 23  | 5769  | 13  | 25  |
| 4895  | 19  | 31  | 5333  | 9   | 16  | 5800  | 15  | 29  |
| 4909  | 11  | 18  | 5368  | 19  | 34  | 5824  | 17  | 33  |
| 4941  | 17  | 28  | 5400  | 15  | 27  | 5842  | 19  | 37  |
| 5000  | 15  | 25  | 5455  | 11  | 20  | 6000  | Все<br>фигуры                             | —   |
| 5000  | 9   | 15  | 5471  | 17  | 31  |   |   |   |

стробоскопического диска. При числе зубцов, не превосходящем числа зубцов основного диска ( $z_m = 19$ ) и скоростях вала до 3000 об/мин последнее условие может быть выполнено без особого труда любым ручным, например, центробежным тахометром, так как оно требует от вспомогательного тахометра относительной точности порядка 1,5%.

При более высоких скоростях необходимо или увеличить точность измерений с помощью вспомогательного тахометра, или

уменьшить число зубцов —  $z_m$  фигуры диска, или, наконец, воспользоваться для определения порядка остановки другими возможностями. Действительно, припоминая приведенные на стр. 112 и 113 замечания о строгой закономерности попеременного чередования остановок стробоскопических изображений внутри своего цикла, а также о взаимном подобии циклов, мы можем с успехом использовать эти замечания не только для косвенного вычисления пелеров строботахометра, но и для опознавания порядка остановки изображения без помощи вспомогательного тахометра.

Таблица UI — Tableau III

Таблица для опознавания порядка появления обычных стробоскопических изображений фигур диска

Tableau servant à établir l'ordre de l'apparition des images stroboscopiques ordinaires des figures du disque

| Основные скорости пелера<br>Repères de vitesse fondamentaux | Основные стробоскопические фигуры<br>Figures stroboscopiques fondamentales | Стробоскопические фигуры диска, остановки изображений которых следуют за остановками основной 15 зубной фигуры<br>Figures stroboscopiques du disque, l'arrêt des images desquelles suivent les arrêts de la figure fondamentale à 15 dents |    |    |                    |    |    |
|---|--|--|----|----|--------------------|----|----|
|   |  | 1  | 2  | 3  | 4                  | 5  | 6  |
| 0   | Все фигуры<br>Toutes les figures   | 19   | 17 | —  | —                  | —  | —  |
| 200   | 15   | 13   | 11 | 10 | 9                  | 17 | —  |
| 400   | 15   | 7  | 13 | 19 | 17                 | 11 | —  |
| 600   | 15   | 19   | 9  | 13 | 17                 | 19 | —  |
| 800   | 15   | 11   | 7  | 17 | 13                 | 19 | —  |
| 1000  | 15 и 9   | 17   | 11 | 19 | 13                 | —  | —  |
| 1200  | 15   | 17   | 19 | 7  | 9                  | 11 | 13 |
| 1400  | 15   | 17   | 19 | 19 | 17                 | —  | —  |
| 1600  | 15   | 13   | 11 | 9  | 7                  | 19 | 17 |
| 1800  | 15   | 13   | 19 | 11 | 17                 | —  | —  |
| 2000  | 15 и 9   | 19   | 13 | 17 | 7                  | 11 | —  |
| 2200  | 15   | 19   | 17 | 13 | 9                  | 19 | —  |
| 2400  | 15   | 11   | 17 | 19 | 13                 | 7  | —  |
| 2600  | 15   | 17   | 9  | 19 | 11                 | 13 | —  |
| 2800  | 15   | 17   | 19 | —  | —                  | —  | —  |
| 3000  | 15 и все   | фигуры   |    | et | toutes les figures |    |    |

Так, например, пользуясь табл. III, в которой для основных камертонов и диска наглядно показано чередование ординарных стробоскопических изображений полного цикла, при соответствующем ведении наблюдений можно получить любой скоростной репер шкалы, не прибегая к вспомогательному тахометру. Рассматривая табл. III, легко заметить, что каждая строка таблицы состоит из такого сочетания фигур диска, которое не повторяется в других строках, а это обстоятельство дает возможность опознать не только участок шкалы, но и репер, на котором происходит измерение скорости.

Табл. III особенно удобна, если пользоваться ею совместно со вспомогательным тахометром, так как в этом случае, обычно, будет достаточно определить с помощью тахометра порядок остановки стробоскопического изображения для начального скоростного репера, а затем, изменяя скорость испытываемого вала и наблюдая через щель камертона за вполне определенным чередованием стробоскопических изображений, переходить постепенно от остановки одного порядка к остановке другого порядка, или от остановки одной фигуры к остановке другой фигуры, пользуясь для опознавания порядка остановок вспомогательным тахометром лишь в исключительных случаях.

#### § 8. СТАНОК ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ТАХОМЕТРОВ

Здесь уместно будет сказать также несколько слов и об устройстве станка для испытания тахометров. Испытание тахометров может производиться на испытательных станках с весьма разнообразным конструктивным оформлением. При любом оформлении устройство такого станка должно обеспечивать возможность сообщения приводному валу тахометра любой угловой скорости в наиболее употребительных пределах измерений тахометров, практически в пределах от 20 до 6000 об/мин, а также возможность равномерного поддержания на валу станка нужных для испытания угловых скоростей.

Наиболее простое устройство имеют испытательные станки, выполненные либо в виде фрикционной передачи, приводимой в движение электромотором трехфазного тока, либо в виде ступенчатой передачи, получающей движение от регулируемого электромотора постоянного тока с параллельным возбуждением. В силу выставленных выше условий ступенчатая передача более подходит для стробоскопического метода, так как она, обеспечивая указанный выше диапазон измерений, отличается большей равномерностью хода, чем фрикционная передача, почти бесшумна по сравнению с последней и легко управляема.

Устройство станка со ступенчатой передачей, разработанного в лаборатории времени ВНИИМ, чрезвычайно просто. Основной вал станка, выточенный за одно целое с трехниточным червяком, несущий на себе четырехступенчатый стальной шкив, расположен

горизонтально и имеет две опоры на радиальных шариковых подшипниках с зажимной втулкой, установленных в стандартных стальных корпусах трансмиссионного типа. Этот вал приводится вращение при помощи крученого из бумажной пряжи шнура, перекинутого на парный четырехступенчатый шкив, закрепленный на валу электромотора с параллельным возбуждением. Под углом к основному валу и также горизонтально расположен дополнительный поперечный вал, с закрепленным на нем червячным колесом с 30 зубцами, находящимся в сцеплении с трехниточным червяком основного вала. Червяк и червячное колесо помещены в масляной ванне, в корпусе которой установлены также шариковые опоры для поперечного вала. Станок снабжен остейшим контактным устройством для счета и регистрации хронографе оборотов поперечного вала, состоящим из эксцентрика, замыкающего цепь тока 4—6-вольтовой батареи элементов, при касании его к изолированной от корпуса ванны контактной пружине, происходящем при каждом обороте поперечного вала. Основной и поперечный валы оканчиваются уступами, на которые крепятся при помощи центрирующих оправок стробоскопические диски, а также муфты, служащие для приключения к ним приводных валов тахометров при испытании.

Питание электромотора производится от стационарной аккумуляторной батареи, поддерживающей более или менее постоянное напряжение. При ее отсутствии электромотор можно также питать непосредственно от небольшого ртутного выпрямителя. Регулировка скорости электромотора при стробоскопических наблюдениях производится при помощи рустратовских реостатов, подключаемых соответственно для понижения и повышения его оборотов в цепи якоря и обмотки возбуждения. Меняя при помощи реостатов скорость электромотора в пределах от 500 до 1000 об/мин и используя четыре ступени скоростей ступенчатой передачи, на основном валу тахометрического станка можно получить любые скорости порядка 200—6000 об/мин и в соответствии с ними на дополнительном валу — от 20 до 600 об/мин.

#### § 9. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СТРОБОТАХОМЕТРА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ТАХОМЕТРОВ

Каждое испытание тахометра на тахометрическом станке состоит в определении поправок шкалы тахометра путем сравнения его показаний с действительной скоростью приводного вала тахометра, разделенной на коэффициент тахометра.<sup>1</sup> На каждой шкале тахометр обычно испытывается не менее чем на пяти ее отметках. Сделав предварительный выбор подлежащих испыта-

<sup>1</sup> Коэффициентом тахометра называется дробь, характеризующая отношение скорости сообщаемой приводному валу тахометра, к скорости, показываемой тахометром.

нию отметок шкалы и умножив соответствующие им значения шкалы на коэффициент тахометра, получают действительные значения угловых скоростей, которые необходимо было бы задать приводному валу тахометра для производства испытания на выбранных отметках. Если требующиеся по заданию действительные угловые скорости приводного вала тахометра помещены как раз в таблицах шкалы строботахометра, значит первоначальный выбор подлежащих испытанию отметок шкалы тахометра сделан удачно. Если предварительно выбранные отметки шкалы тахометра соответствуют таким скоростям приводного вала, которые не помещены в таблицах шкалы строботахометра, то в качестве действительных скоростей, подлежащих сообщению приводному валу тахометра, выбирают из таблиц шкалы ближайшие к ним соседние значения. Подобрав таким образом из таблиц шкалы окончательно необходимые для испытания действительные скорости приводного вала тахометра, одновременно замечают по ним подлежащие наблюдению стробоскопические изображения фигур диска и порядок их остановки.

Процесс самого испытания выполняется двумя наблюдателями и производится следующим образом. Один из наблюдателей пустив в ход станок, при помощи вспомогательного тахометра доводит скорость вала станка примерно до заданной скорости. Взяв затем в левую руку камертон и возбуждая его время от времени ударом правой руки, рассматривает через щель его обтуратора соответствующее заданной скорости стробоскопическое изображение. Управляя в то же время правой рукой движком регулировочного реостата, наблюдатель с камертоном, путем соответственных изменений скорости диска, доводит стробоскопическое изображение выбранной фигуры диска до остановки и удерживает его в этом положении и одновременно сообщает второму наблюдателю о неподвижности наблюдаемого изображения. По выполнении всех этих операций вал тахометрического станка, на котором насажен диск, и вместе с ним приводный вал тахометра имеют заданную шкалой строботахометра скорость. Указанное в таблице шкалы значение этой скорости будет как раз действительным значением приводного вала тахометра. Второй наблюдатель при помощи соответствующих приспособлений заранее приключает приводный вал тахометра к валу тахометрического станка и во время сообщений об остановках изображения производит отсчеты показаний по шкале испытываемого тахометра. Взяв среднее значение из наблюдаемых отсчетов по шкале и вычтя его из действительного значения угловой скорости приводного вала тахометра, разделенного на коэффициент тахометра, получают тотчас же поправку к показанию тахометра на испытанной таким образом отметке шкалы.

При подборе по таблицам шкалы строботахометра скоростных реперов для испытания намеченных отметок шкалы тахометра лучше выбирать реперы с ординарными стробоскопическими

ображениями, так как обычные изображения для основного ему подобных дисков можно без особого труда наблюдать скорости 3000 об/мин, а удвоенные изображения — не далее до 1500 об/мин, т. е. в пределах первых циклов чередования званных стробоскопических изображений. Кроме того, при выборе реперов надо иметь еще в виду, что более отчетливыми будут изображения с меньшим числом зубцов и менее удаленные центра диска. ✓

При некотором навыке наблюдение обычных изображений можно вести и в промежутке второго цикла, т. е. до скоростей 600 об/мин; если же это не удастся, то наблюдения переводят дополнительный вал тахометрического станка, вращающийся скоростью в 10 раз меньшей скорости продольного вала, добрав для испытания соответствующие фигуры и остановки более отчетливыми изображениями.

Отчетливость стробоскопических изображений зависит от многих факторов. Здесь играют роль не только скорость диска, и число зубцов в фигуре, а также их форма, цвет и размер. Так, например, для получения более или менее отчетливых удвоенных изображений необходимо, чтобы ширина зубца по отношению к ширине впадины составляла не более одной четверти шага зубца, понимая здесь под шагом общую ширину зубца с впадиной. В противном случае изображения получатся сплывчатыми, окрашенными в сплошной серый цвет. Резкость изображений зависит также от продолжительности открытия щели камертона и ее ширины; чем короче это время и уже щель, тем резче изображение, потому что его смещение за время открытия щели будет менее заметно для глаза. С этой целью камертон при наблюдениях от времени до времени слегка поворачивают вокруг оси симметрии относительно пучка лучей зрения для сужения или расширения рабочего отверстия щели. Большую роль играет также интенсивность освещения диска; отчетливость изображений также улучшается, если наблюдения производят в затемненном помещении, а самый диск при этом освещают одной лампой с рефлектором, питаемой постоянным током. Переменный ток для освещения диска не годится, так как он может дать свои собственные нежелательные стробоскопические эффекты. Кроме чисто технических факторов немаловажное значение для способности к наблюдению изображений имеют физиологические факторы, как, например, последствие изображения в глазу утомляемость глаза наблюдателя.

Качество наблюдений в большой мере зависит от опытности наблюдателя. Он должен не только уловить изображение, но и обеспечить ему путем умелой регулировки скорости электропитания нужную степень неподвижности. Эта регулировка, производимая вручную движком реостата, должна быть настолько точной, чтобы пойманное в поле зрения стробоскопическое изображение не имело одностороннего скольжения, а на неболь-

шой угол покачивалось вокруг оси вращения в обе стороны от какой-либо неподвижной метки. При соблюдении этого правила среднее значение скорости скольжения стробоскопического изображения можно довести до 0,1% от измеряемой скорости и следовательно, этим самым обеспечить определение действительного ее значения с относительной точностью в 0,1%.

С целью подтверждения высказанного положения лабораторией времени ВНИИМ был произведен ряд опытов, в которых строботаксометр был использован для определения минутного числа колебаний  $N$  свободного камертона. Из формулы (3) число  $N$  выражается в виде:

$$N = n_k \frac{z}{k} \quad (14)$$

Угловая скорость диска строботаксометра  $n_k$  определялась по абсолютному методу с применением хронографа фирмы The Cambridge Scientific Instrument Company. Запись на хронограмме отметок времени получалась от среднего контактного хронометра фирмы Эрикссон, а запись оборотов, совершаемых диском, осуществлялась контактным устройством тахометрического станка. Длительность каждого наблюдения была около 2 минут.

Приведем в качестве наглядного примера сводку результатов наблюдений одного из таких опытов (табл. IV).

Из согласия приведенных в таблице отдельных совершенно независимых наблюдений мы можем заключить, что минутное число колебаний камертона определилось со средней ошибкой в  $\pm 0,3$  колебания. В соответствии с теорией ошибок, максимальную погрешность этого результата можно определить в  $\pm 0,9$  колебания, или  $\pm 0,03\%$ , что, как это установлено раньше (§ 5), удовлетворяет требованиям, предъявляемым к камертону строботаксометра. С другой стороны, максимальная погрешность одного наблюдения на основании той же теории равна  $\pm 3$  колебаниям. А это указывает, что мы с помощью камертона удерживали в среднем угловую скорость стробоскопического диска с максимальной погрешностью порядка 0,1%, т. е., что точность измерения угловой скорости строботаксометром не ниже 0,1%.

В заключение остается сказать несколько слов о достоинствах и недостатках строботаксометра.

К числу достоинств его, как образцового прибора для измерения угловой скорости, надо отнести: надежность принципа действия, основанного на неизменяемости частоты свободного камертона; точность в воспроизведении скоростных реперов шкалы, необеспечиваемую никаким другим прибором; чрезвычайную простоту устройства и простоту в обращении. К числу недостатков строботаксометра относятся: неоднозначность определения измеряемой скорости, обуславливающая применение вспомогательного тахометра, и слабая отчетливость изображений при высоких скоростях. Последний недостаток имеется в виду уstra-

Таблица IV—Tableau IV

Сводка результатов по определению минутного числа колебаний  
свободного камертонаRésumé des résultats de la détermination du nombre des oscillations par  
minute du diapason libre

| №№ observations | Скорость диска<br>об/мин,<br>Vitesse du dis-<br>que | Число зубцов фигуры<br>Nombre de dents de la<br>figure | Порядок остановки<br>изображения<br>L'ordre de l'arrêt de<br>l'image | Число колеба-<br>ний камертона<br>в минуту при<br>температуре<br>+16° C<br>Nombre<br>d'oscillations du<br>diapason par<br>minute à +16° C | $\Delta$ | $\Delta^2$             |
|-----------------|---|--|--|---|----------|------------------------|
| 1               | 3001,20   | 15   | 15   | 3001,2  | -0,1     | 0,01                   |
| 2               | 1500,18   | 15   | 7½   | 3000,4  | +0,7     | 0,49                   |
| 3               | 600,28  | 15   | 3  | 3001,4  | -0,3     | 0,09                   |
| 4               | 1000,00   | 15   | 5  | 3000,0  | +1,1     | 1,21                   |
| 5               | 2000,38   | 15   | 10   | 3000,6  | +0,5     | 0,25                   |
| 6               | 399,96  | 15   | 2  | 2999,4  | +1,4     | 1,96                   |
| 7               | 461,64  | 13   | 2  | 3000,7  | +0,4     | 0,16                   |
| 8               | 706,21  | 17   | 4  | 3001,4  | -0,3     | 0,09                   |
| 9               | 923,57  | 13   | 4  | 3001,6  | -0,5     | 0,25                   |
| 10              | 858,12  | 7  | 2  | 3003,4  | -2,3     | 5,29                   |
| 11              | 3001,20   | 15   | 15   | 3001,2  | -0,1     | 0,01                   |
| 12              | 1500,60   | 15   | 7½   | 3001,2  | -0,1     | 0,01                   |
|                 |   |  | Среднее:<br>Moyenne:   | 3001,1  |          | $\sum \Delta^2 = 9,82$ |

Приведение к 20° C: Réduction à 20° C: -1,2  
при +20° C à 20° C  $N_{20} = 2999,9$ Средняя ошибка результата: } . . . . ± 0,3  
Erreur moyenne du résultat } . . . . ± 0,3Средняя ошибка одного наблюдения }  $= \pm \sqrt{\frac{9,82}{12-1}} = \pm 1,0$   
Erreur moyenne d'une observation }

путем электрификации строботаксметра и применения для  
вращения диска прерывистого света достаточно стабильной  
частоты по схеме, разработанной лабораторией времени ВНИИМ.  
стается, кроме того, пожелать, чтобы настоящая работа послу-  
жила толчком к распространению и применению строботаксметра

в качестве образцового прибора в метрологических, поверочных, научных и промышленных учреждениях и предприятиях Союза для обеспечения единства измерений угловой скорости.

#### ВЫВОДЫ

1. Взятый в работе в основу образцового прибора для измерения угловой скорости стробоскопический принцип действия и разработанный на этом принципе строботахометр со свободным камертоном оправдали возложенные на них надежды.

2. Строботахометр с полным правом может считаться образцовым прибором для измерения угловой скорости, так как он отвечает всем необходимым требованиям, предъявляемым к данной категории приборов.

3. Восполняя существующий в аппаратуре метрологических и поверочных учреждений пробел в образцовом приборе для измерения угловой скорости, строботахометр в настоящий момент является единственным прибором, пригодным для целей испытания, поверки и градуировки тахометров.

4. Воспроизводя при определенных условиях с надежностью и неизменной точностью действительное значение измеряемой угловой скорости, строботахометр теоретически и практически обеспечивает в этой отрасли единство измерений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Н. А. Ринн. Кинематография. Ленинград, 1924.
2. H. Helmholtz. Die Lehre von den Gesichtsempfindungen. Handbuch der Physiologischen Optik. Hamburg und Leipzig, 1896.
3. Geiger und Scheel. Die Drehbewegung. Handbuch der Physik, Bd. 11.
4. E. Günther. Ueber die Messung von Tourenzahlen mit Hilfe stroboskopischer Erscheinungen im Wechselstrombogenlicht. Physikalische Zeitschrift, B. 22, 1921, Leipzig.
5. H. Linckh und R. Vieweg. Ueber stroboskopische Beobachtungen. Archiv für Elektrotechnik. Bd. 15, 1926, Berlin.
6. H. Linckh und R. Vieweg. Stroboskopische Messungen. Zeitschrift für Instrumentenkunde. Bd. 46, 1926, Berlin.
7. J. Schj11o. Messung hoher Umlaufzahlen mittels des Stroboskops. Elektrotechnische Zeitschrift, Bd. 33, 1912, Berlin.
8. F. Schröter und R. Vieweg. Ueber die Verwendung der Glühlampe zu Drehzahl- und Schlüpfungsmessungen. Archiv für Elektrotechnik, Bd. 12, 1923, Berlin.
9. E. A. Kiehlhauser. Die Stimmgabel, ihre Schwingungsgesetze und Anwendungen in der Physik. Leipzig, 1907.

## L'APPLICATION DES PHÉNOMÈNES STROBOSCOPIQUES À LA MESURE DES VITESSES ANGULAIRES

I. W. Ioudine

(Résumé)

La nouvelle construction d'un appareil-étalon pour la mesure des vitesses angulaires, élaborée par le Laboratoire de l'Heure de l'Institut de Métrologie de l'URSS, a reçu le nom de „strobotachymètre“; elle est basée sur l'application des phénomènes stroboscopiques.

Dans la partie théorique de l'article l'auteur examine la dépendance qui existe entre la vitesse à mesurer et l'ordre de l'arrêt de l'image stroboscopique, exprimé en nombre entier ou fractionnaire. Il établit aussi la relation entre la vitesse à mesurer et la vitesse du glissement de l'image stroboscopique et il donne des formules pour la détermination du glissement. Ces formules permettent de juger de la précision du strobotachymètre.

Dans la partie descriptive les résultats de l'expérience de l'Institut de Métrologie dans le confectionnement d'un diapason libre, ainsi que des disques appropriés, sont exposés. Le procès du calcul des tableaux de l'échelle du strobotachymètre est expliqué et la destination d'un tachymètre auxiliaire démontrée. La construction d'une monture pour la vérification et la graduation des tachymètres, le mieux appropriée à être employée avec un strobotachymètre, est sommairement décrite.

En analysant les tableaux de l'échelle l'auteur signale dans certains cas l'inréitérabilité, et dans d'autres la régularité stricte de l'alternance des images stroboscopiques comprises dans un cycle de vitesses, et il démontre la possibilité pratique de reconnaître l'ordre de l'arrêt de l'image et de déterminer la valeur exacte de la vitesse à mesurer, même sans se servir du tachymètre auxiliaire.

Dans la partie de l'ouvrage relative à l'emploi pratique du strobotachymètre l'auteur expose la méthode de la vérification des tachymètres à l'aide du strobotachymètre et il indique les facteurs et les conditions qui facilitent les observations et servent à les perfectionner. La précision des mesures qu'on peut atteindre dans la pratique à l'aide d'un strobotachymètre, est illustrée par un exemple.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|   | Стр. |
|---|------|
| Предисловие . . . . .   | 5    |
| Н. X. Прейпич и Б. И. Рак. Определение разности долгот Пулковско — Ленинград (ВНИИМ) по радиотелеграфу . . . . .                  | 7    |
| Н. X. Прейпич и Б. А. Орлов. Теория и устройство компараторов Опольера и Прейпича-Барановского для измерения хронограмм . . . . . | 68   |
| Н. X. Прейпич. О средних ошибках численных значений функций, интерполированных из таблиц . . . . .                                | 80   |
| В. Л. Лассан. Автоматический приемник для приема радиосигналов времени . . . . .  | 88   |
| И. В. Юдин. Применение стробоскопических явлений для измерения угловой скорости . . . . .   | 95   |

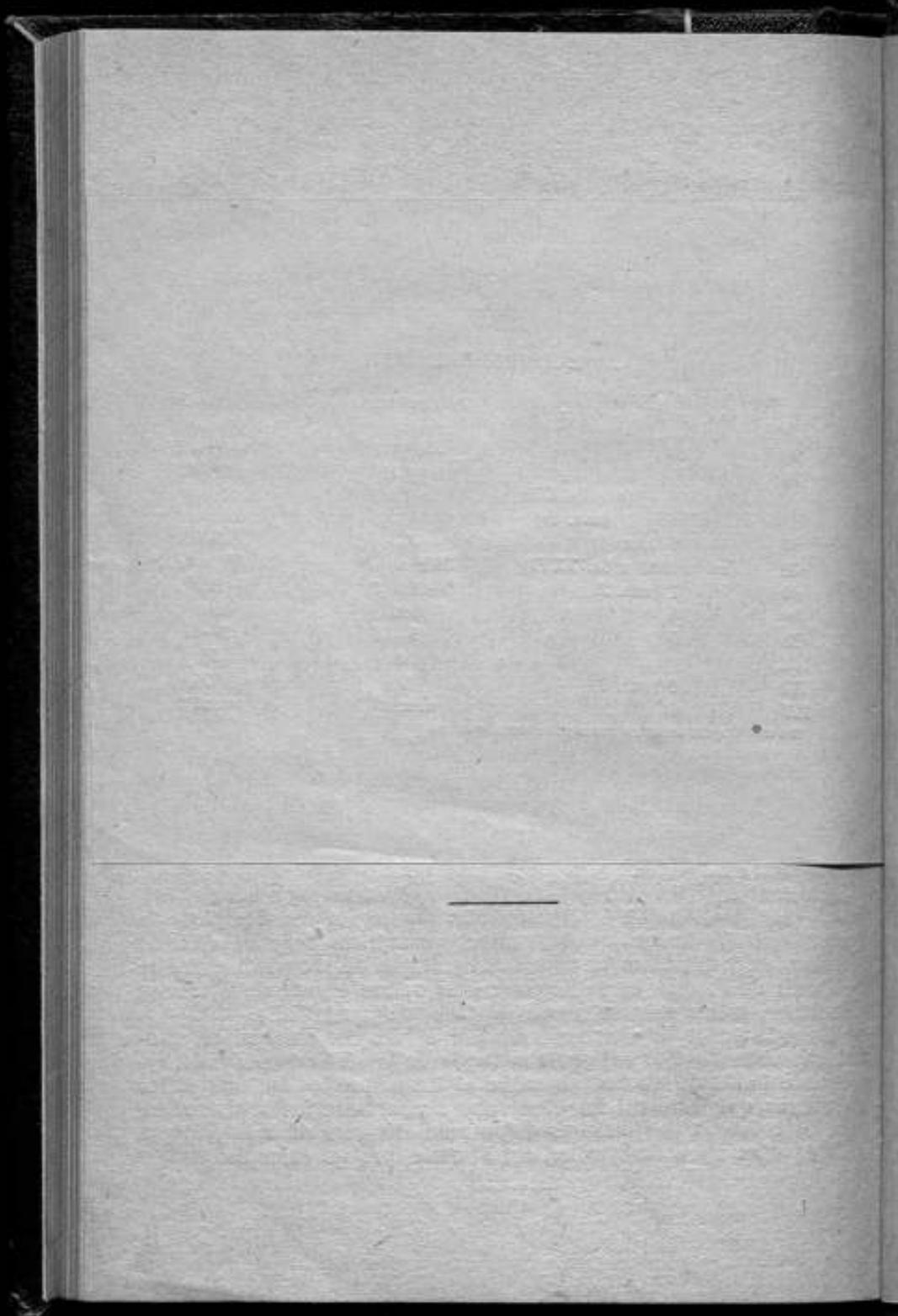
## TABLE DES MATIÈRES

|  | Pages |
|--|-------|
| Préface . . . . .  | 5     |
| N. C. Preipitch et B. I. Rack. Détermination de la différence des longitudes Poulkovo—Leningrad (Institut de Métrologie de l'URSS) à l'aide de la télégraphie sans fil . . . . . | 66    |
| N. C. Preipitch et B. A. Orlof. La théorie et la construction des releveurs d'Oppolzer et de Preipitch-Baranovsky pour la mesure des chronogrammes . . . . .                     | 79    |
| N. C. Preipitch. Sur les erreurs moyennes des valeurs numériques des fonctions interpolées d'après les tableaux . . . . .  | 87    |
| W. L. Lassin. Récepteur automatique pour la réception des signaux rythmés . . . . .  | 94    |
| I. W. Ioudine. L'application des phénomènes stroboscopiques à la mesure des vitesses angulaires . . . . .  | 129   |

### ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

| <i>Страница</i> | <i>Строка</i>          |                                | <i>Напечатано</i> | <i>Должно быть</i> |
|-----------------|------------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------|
|                 | <i>сн.</i>             | <i>св.</i>                     |                   |                    |
| 28              | 10                     |                                | -0,0055           | +0,0055            |
| 34              |                        | 9<br>(и табл. XVI)<br>(кол. 6) | ±0,41             | ±0,041             |
| 37              | 8 (кол. 4)             |                                | 333               | 336                |
| 48              | (заголовок табл. XXVI) |                                | 352* и 67*        | 352R* и 67R*       |
| 60              | 1 (кол. 2)             |                                | -26,372           | -20,372            |
| 79              | 5                      |                                | sieti             | série              |
| 98              | 5                      |                                | 99-55             | 99-65              |
| 112             |                        | 2                              | 54                | 56                 |
| 118             | 8 (кол. 2)             |                                | 9                 | 19                 |
| 127             | 6                      |                                | =±10              | =±1,0              |

В ии\*. Определены долгот и измерение времени



THE  
LIBRARY OF THE  
MUSEUM OF MODERN ART  
1000 MUSEUM AVENUE  
NEW YORK, N. Y. 10028

100



**ЗАКАЗЫ НАПРАВЛЯТЬ  
ГОСУДАРСТВЕННОМУ ИЗ-ВУ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ  
„СТАНДАРТГИЗ“**

Москва, ул. Куйбышева, Рыбный пер., 2, пом. 28  
Ленинград, 1, ул. Горького, 11.

