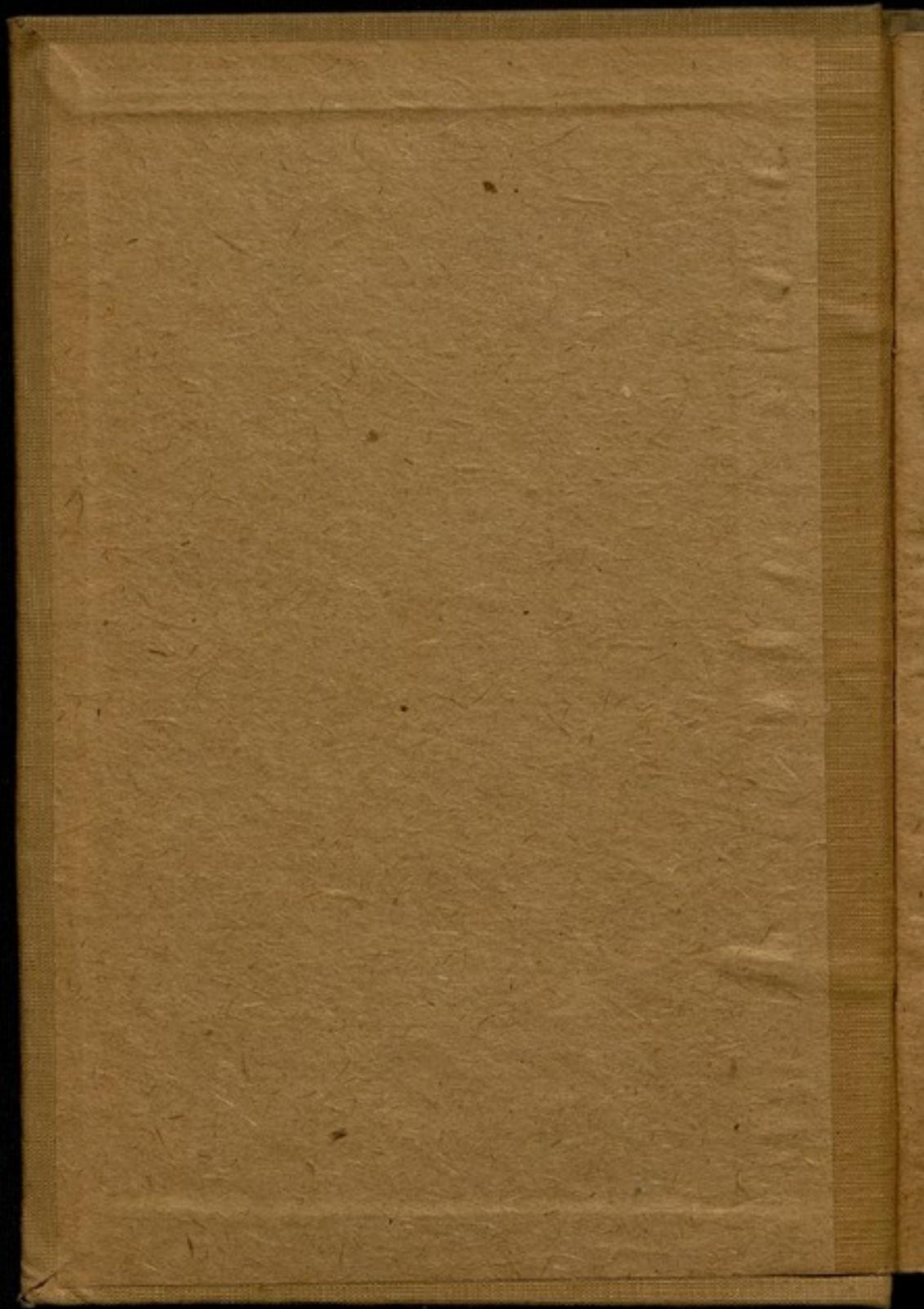
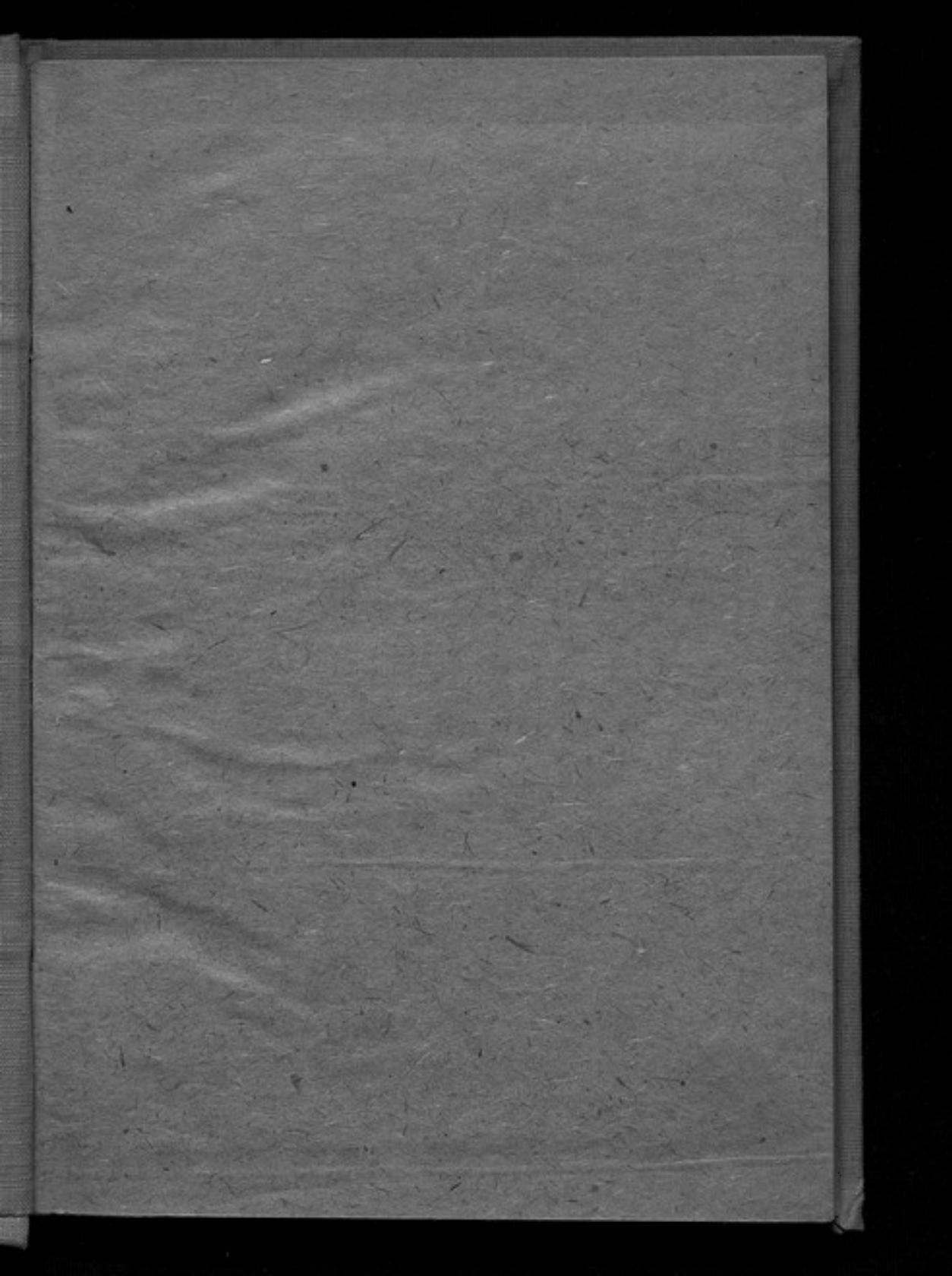


3(19)

1933г

1933г









ВКС ПРИ СТО
ЦЕНТРАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МЕР И ВЕСОВ

1933 г. — Выпуск 3 (19)

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ И СТАНДАРТИЗАЦИИ



ТРУДЫ

ВСЕСОЮЗНОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА
МЕТРОЛОГИИ И СТАНДАРТИЗАЦИИ

Выпуск 3 (19)

Travaux de l'Institut de Métrologie et Standardisation de l'U. R. S. S

Livraison 3 (19)

СОДЕРЖАНИЕ. — *Э. Н. Алексеева.* Триангулярная связь Всесоюзного Научно-исследовательского Института метрологии и стандартизации с Полтавой. — *В. А. Россовская.* Об использовании специальных радиосигналов (сигналов долготы) Пулковской Обсерватории. — *Н. Х. Прейлич.* К вопросу о вычислении средних моментов ритмических радиосигналов времени. — *Н. Х. Прейлич.* О хронографических методах исследования колебаний прерывателей в часах. — *Н. Х. Прейлич.* Об одном методе экстраполяции поправок часов.

SOMMAIRE. — *Z. N. Alexieva.* Intensité de la pesanteur pour l'Institut de Métrologie et Standardisation à Leningrad (U. R. S. S.). — *V. A. Rossowsky.* Utilisation des signaux radiotelegraphiques spéciaux dits „de longitude“ de l'Observatoire de Poutkovo. — *N. C. Preipitch.* Sur le calcul des moments délimités des signaux rythmés. — *N. C. Preipitch.* Sur les méthodes chronographiques pour examiner des interrupteurs à roue dans la pendule. — *N. C. Preipitch.* Une méthode de l'extrapolation des corrections de la pendule.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
СТАНДАРТИЗАЦИЯ И РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ
ЛЕНИНГРАД 1933 МОСКВА

Ответств. редактор М. Ф. Мажуков.
Сдано в набор 27/II 1933 г.
Формат 62x88 см
Лекторит № 16733

Технич. редактор С. Н. Крючкин.
Подписано к печати 26/VII 1933 г.
Тип. см. в 1 п. л. 43.920
Заказ № 1627

Государственная тип. „Ленинградские Печати“. Ленинград, Социалистическая, 14.

ГРАВИМЕТРИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ ВСЕСОЮЗНОГО НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА МЕТРОЛОГИИ
И СТАНДАРТИЗАЦИИ С ПОЛТАВОЙ

З. Н. Аксентьева

ПРЕДИСЛОВИЕ

Всесоюзный Институт метрологии и стандартизации в Ленинграде (ВИМС) служит часто исходным пунктом для относительного определения ускорения силы тяжести, а между тем для самого ВИМС эта величина до сих пор неизвестна с достаточной точностью. Разные наблюдатели получали для этого ускорения очень различные значения. Действительно, в то время как профессор А. А. Иванов¹ из абсолютных наблюдений получил для ВИМС $g = 981,948 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-2}$, профессор А. М. Гижицкий² по относительным наблюдениям получил $g = 981,926 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-2}$. Другие наблюдатели³ находили промежуточные значения для g , как это видно из следующей таблички:

Время наблюдения	Наблюдатель	Ускорение силы тяжести
1909	Корзун	981,933 $\text{cm} \cdot \text{sec}^{-2}$
1909	Павлов	938
1911	Баранов и Банатевич	935

Чтобы решить вопрос о том, какое значение ускорения силы тяжести надо принять для ВИМС профессор А. Я. Орлов со своими сотрудниками Т. А. Буем и П. И. Михайловским произвел новое определение этой величины, связав ВИМС с Полтавской Гравиметрической Обсерваторией, для которой ускорение силы тяжести равно $981,007 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-2}$.

Гравиметрическая связь ВИМС с Полтавой была сделана проф. А. Я. Орловым четыре раза; три раза с маятниками Штюкрата (номера маятников 100, 101, 102 и 103) и один раз с маятниками Штернека (номера маятников 84, 85, 109, 131, 132, 133) на стенном штативе.

¹ А. А. Иванов. Абсолютное определение напряжения силы тяжести в Главной Палате мер и весов. „Временник Г. П. вып. 1 (11). Петроград, 1915 г.

² Бюллетень Астрономического Института № 5. Ленинград, 1924 г.

³ А. Гижицкий и П. Савкевич. Каталог пунктов гравиметрических определений, произведенных в России до 1922 г. ГИЗ. Петроград 1923 г.

В ВИМС маятники Штернека подвешивались в двух различных местах и двумя различными способами. Один раз стеной штатив был укреплен глухарями на деревянных хорошо заколоченных в стену пробках, в другом случае он был подвешен на болтах, зацементированных в стену еще прежними наблюдателями. В том и в другом случае периоды качаний маятников получились одинаковые. В Полтаве периоды до и после поездки в Ленинград тоже оказались равными между собой, а само ускорение силы тяжести для ВИМС по маятникам Штернека совпало со значением, полученным и по маятникам Штюкрата. Этот опыт еще раз показывает, что сокачанием хорошо укрепленного стенового штатива можно пренебречь.

Профессор А. Я. Орлов поручил мне определение постоянных маятников Штернека и обработку всех сделанных наблюдений.

Благодаря особому прибору, построенному в мастерской Одесской Астрономической Обсерватории, мне удалось определить барометрический коэффициент с большой точностью, что же касается температурного коэффициента, то он найден лишь с точностью, достаточной для редукции тех наблюдений, о которых здесь идет речь, и подлежит новому определению.

Все редукции и вычисления сделаны два раза. Один раз мною, другой раз вычислительницами Полтавской Обсерватории Н. Д. Суворовой и В. В. Гуссовой. В результате для ВИМС получились такие значения ускорения силы тяжести:

Время наблюдения	Маятники	ускорение силы тяжести	Наблюдатель
Осень 1926	Штюкрат	981,931 $\text{cm} \cdot \text{sec}^{-2}$	Буй и Михайловский
Зима 1929	"	931	Орлов
Лето 1929	"	930	Орлов
Лето 1929	Штернек	931	Орлов

Отсюда с большой точностью имеем для Всесоюзного Института метрологии и стандартизации:

$$g = 981,931 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-2}$$

Считаю своим долгом выразить глубокую благодарность профессору А. Я. Орлову за содействие, оказанное мне при выполнении настоящей работы.

ГЛАВА I.

НАБЛЮДЕНИЯ 1926 ГОДА С МАЯТНИКАМИ ШТЮКРАТА.

§ 1. Инструменты. Первая серия работ по установлению гравиметрической связи Всесоюзного Института метрологии и стандартизации в Ленинграде с Полтавской Гравиметрической Обсерваторией была произведена осенью 1926 года наблюдателями Обсерватории Т. А. Буюм и П. И. Михайловским.

В их распоряжение был предоставлен четырехмаятниковый прибор Штюкрата с маятниками №№ 100, 101, 102 и 103 (в даль-

нейшем обозначены №№ 1, 2, 3 и 4). Определение периодов качаний маятников по методу совпадений велось с помощью звездных полусекундных контактных часов Т, специально для экспедиционных работ сконструированных в 1914 г. одесским механиком И. А. Гимченко.

Для наблюдения совпадений служил счетчик, в поле зрения которого было натянуто три нити, а не одна, как обычно¹.

Температура маятников измерялась с помощью двух термометров № 26045 и № 26046, шкала которых разделена на 0°,2.

Термометры были исследованы в 1924 году в термической лаборатории Московского Университета, путем сравнения их с водородным термометром². На основании этого исследования были вычислены поправки этих двух термометров для каждого градуса, а затем составлена нижеследующая сводная таблица I средних поправок для фиктивного „среднего“ термометра.

Таблица I.—Tableau I.
Поправки фиктивного среднего термометра.
Corrections du thermomètre moyen fictif.

t	0°	10°	20°
0	-0°,08	-0°,11	-0°,08
1	- 08	- 12	- 06
2	- 08	- 12	- 06
3	- 08	- 12	- 07
4	- 09	- 12	- 06
5	- 09	- 12	- 06
6	- 10	- 12	- 07
7	- 10	- 11	- 08
8	- 10	- 09	- 09
9	- 10	- 08	- 10
10	- 11	- 08	- 11

Давление воздуха отчитывалось по anerонду Naudet № 2526, поправки которого, из сравнения с двумя гипсотермометрами, получились следующие:

для Полтавы I	- 0,2 mm
• ВИМС	0,0 „
• Полтавы II	+ 1,8 „

¹ См. Д. В. Пясковский. „Определение силы тяжести в Московской области в 1924 и 1925 гг.“. Бюллетень № 31 Гос. Научно-Исследовательского Геофизического Института. Москва, 1929.

² Там же.

Влажность воздуха определялась по психрометру Ассмана № 926.

§ 2. Место качания маятников. В Полтаве маятники были установлены в гравиметрическом подвале Обсерватории на столбе, специально для маятников построенном.

В Ленинграде установка была произведена в главном (первом) часовом подвале ВИМС, подле южной стороны кирпичного устоя, где висят нормальные часы 67R* и 68R○. Место этой установки обозначено на рисунке 1 прямоугольником А.

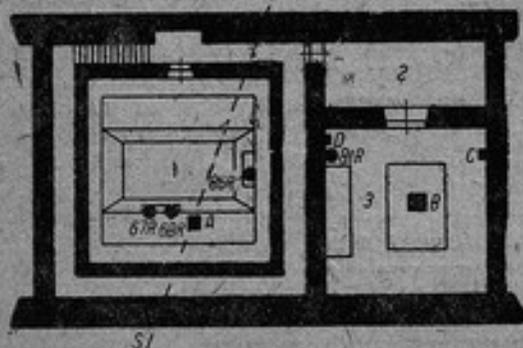


Рис. 1.—Fig. 1.

Маятник 1 (3) опускался с большой амплитудой, а маятник 2 (4) — спокойно без размаха. Через 20 минут после спуска маятников начинался отчет амплитуд качающегося и раскачиваемого маятников. В четные минуты отчитывалась большая амплитуда, в нечетные — малая. Наблюдения заканчивались через 10 минут после спуска маятников. Вычисление поправки α за сокачание проведено для каждой пары маятников 1-2 и 2-4 отдельно по известной формуле:

$$\alpha = -\frac{a}{A} \cdot \frac{s-s'}{2} \operatorname{Cosec} \frac{\pi(s-s')}{2ss'} t, \dots \dots \dots (1)$$

где:

- a — амплитуда раскачиваемого маятника,
- A — " " раскачивающего "
- s — период колебания раскачиваемого маятника
- s' — " " раскачивающего "
- t — промежуток от начала движения раскачивающего маятника в секундах.
- π — отношение окружности к диаметру.

В следующей таблице II представлены значения поправок за сокачание для каждой пары маятников, среднее значение этой поправки и соответствующая средняя ошибка, — все в единицах седьмого десятичного знака.

Таблица II. — Table II.
 Поправки за сокачание штатива.
 Corrections pour la cooscillation du support.

Пункт—Station	Полтава I Poltava I		ВИМС I. M. S.		Полтава II Poltava II	
	1—2	3—4	1—2	3—4	1—2	3—4
Направление } Direction }	1—2	3—4	1—2	3—4	1—2	3—4
	— 23	— 26	— 21	— 21	— 29	— 34
	26	26	18	21	23	24
				22		
Среднее } Moyennes }	— 24	— 26	— 20	— 21	— 26	— 29
Средняя ошибка } Erreurs moyennes }	± 1,6	0,0	± 1,6	± 0,4	± 3,0	± 5,0

Откуда имеем такие значения средних ошибок, средних по поправкам за сокачание для каждого пункта:

$$\begin{aligned}
 \text{Полтава I} & \dots\dots\dots \pm 0,8 \cdot 10^{-7} \\
 \text{ВИМС} & \dots\dots\dots \pm 0,8 \cdot 10^{-7} \\
 \text{Полтава II} & \dots\dots\dots \pm 2,9 \cdot 10^{-7}
 \end{aligned}$$

§ 4. Суточный ход часов. Поправки часов Тимченко (Т*) во время наблюдения маятников в Полтаве I и II получались два раза в сутки из приемов ритмических сигналов ст. Науэн. Из каждых двух приемов получается непосредственно полусуточный абсолютный ход часов, но по отношению к среднему времени и за средние полусутки; отсюда, затем, путем удвоения находится и соответствующий суточный ход.

Как известно, поправка периода колебания за ход часов имеет следующий вид:

$$\tau = \frac{\omega S}{86400} \dots\dots\dots (2)$$

где ω — ход часов в секундах за звездные сутки относительно звездного времени, а S — период колебания.

Если ω_0 есть ход часов за средние сутки относительно среднего времени, то нетрудно видеть, что ω может быть найдено по такой формуле:

$$\omega = \frac{(3^m 56^s 56 + \omega_0) \cdot 24}{24,06571} \dots\dots\dots (3)$$

и, значит, для искомой поправки периода за ход часов получим формулу:

$$\gamma = \frac{\omega S}{86400} = \frac{(3^m 56^s,56 + \omega_0) \cdot S}{24,06571 \cdot 3600} \dots \dots \dots (4)$$

Знак поправки определяется знаком суммы $^1 (3^m 56^s,56 + \omega_0)$.

По указаниям профессора А. Я. Орлова на обсерватории составлены таблицы, дающие поправку γ по аргументу ω_0 . В настоящей работе они были использованы.

В следующей таблице III даны показания часов T^* в $0^h 3^m 27^s$ и $12^h 3^m 27^s$ всемирного времени 2 , а также суточные ходы этих часов за средние сутки относительно среднего времени, полученные путем удвоения полусуточных ходов.

Таблица III.—Tableau III.

Сличения часов T^* с сигналами Науэна.

Comparaisons de la pendule T^* avec les signaux de Nauen.

Дата Date	Полтава I—Poltava I		Дата Date	Полтава II—Poltava II	
	Показания T^* Heures de T^*	Суточн. ход Marche diurne		Показания T^* Heures de T^*	Суточн. ход Marche diurne
1926			1926		
X 6,5	2 ^h 8 ^m 55,93	-4 ^m 1 ^s ,73 ^s	XI 18,0	15 ^h 20 ^m 31,83	-4 ^m 7 ^s ,08
7,5	2 12 57,66		18,5	3 22 35,37	
8,0	14 14 58,45	1,58	19,0	15 24 38,89	7,10
8,5	2 16 59,13	1,36	19,5	3 26 42,44	6,96
9,0	14 18 59,60	0,94	20,0	15 28 45,92	6,98
9,5	2 21 0,23	1,26	20,5	3 30 49,41	7,06
			21,0	15 32 52,94	

Средняя ошибка приема ритмических сигналов из внутренней сходимости отдельных наблюдений получилась равной:

¹ Для звездных часов ход ω_0 обычно отрицателен и близок по абсолютной величине к 4 минутам.

² Эти моменты условно отнесены: один к началу суток, а другой к середине суток.

³ Здесь взят непосредственно суточный ход из двух приемов, так как ночью 7.X прием не удался.

для Полтавы I $\pm 0^s,010$
 " " II $\pm 0,008$

Отсюда средняя ошибка полусуточного хода часов, полученного из двух соседних приемов, есть:

для Полтавы I $\pm 0^s,01_4$
 " " II $\pm 0,01_4$

Во время работ в ВИМС в Ленинграде поправки часов T^* получались из сравнения на хронографе этих часов с нормальными часами ВИМС Rieller № 67* (67 R*). Сравнение часов производилось непосредственно до и после качания данной группы маятников.

В следующей таблице IV даны поправки часов T^* относительно 67 R* в соответствующие моменты по часам 67 R*, а также суточные ходы T^* за средние сутки, относительно среднего времени.

Таблица IV.—Tableau IV
 Сличения часов T^* с часами 67 R*
 Comparaisons des pendules T^* et 67 R*

Дата Date	Показания 67 R* Heures de 67 R*	67 R*— T^*	Ход T^* Marche de T^*
1926 X 28	19 ^h 33 ^m 49 ^s	14 ^h 57 ^m 3 ^s ,201	—4 ^m 45 ^s ,87
29	5 42 49	56 42,328	46,24
29	10 46 49	56 31,835	45,98
29	19 29 49	56 13,875	45,96
30	11 50 49	55 40,198	

Ниже (таблица V) даны поправки часов 67 R* и их суточные ходы относительно звездного времени¹.

¹ Ходы часов 67 R* и поправки их как для настоящих наблюдений, так и для последующих любезно сообщены руководителем лаборатории времени ВИМС Н. Х. Прейсlichem.

Дата Date	M	T	C	a'	r°	Δr	B	f	S
1926 X. 9	1	15 44 ^m	182,76 ^s	14,1 ^r	10,30 ^o	0,00 ^o	756,4 ^{mm}	9,2 ^{mm}	0,501 2297
	2	17 0	172,75	13,4	29	- 1	756,0		3095
	3	18 15	169,03	12,3	29	0	755,8		3414
	4	19 29	166,18	13,6	29	0	755,8		3669
	4	20 42	166,32	13,6	29	0	755,6		3656
	3	21 57	169,04	12,5	29	0	755,3		3413
	2	23 13	172,76	13,4	29	0	754,8		3095
	1	0 27	182,43	14,3	29	0	754,1	9,2	2323

ВИМС—I. M. S.

X. 28	1	5 33	176,38	15,0	16,61	+ 0,01	757,0	11,1	0,50 09932
	2	6 46	166,83	14,0	61	0	756,0		10748
	3	7 58	163,65	14,5	61	0	755,5		11041
	4	9 10	161,36	15,5	61	- 1	754,6		11260
	4	10 21	161,26	15,7	60	0	753,6		11270
	3	11 30	163,64	15,0	60	0	752,8		11044
	29	2	12 45	166,52	15,5	61	+ 2	752,0	10780
	1	13 57	175,92	15,0	63	+ 3	751,6		09974
	1	15 34	176,15	15,0	65	+ 1	751,1		09931
	2	16 45	166,54	15,7	67	+ 1	750,6		10753
	3	17 56	163,42	15,7	67	0	750,4		11041
	4	19 6	160,92	16,0	67	+ 1	750,4	11,1	11280
	1	5 27	176,34	14,8	56	+ 1	752,4	11,0	09936
	2	6 45	166,56	14,5	55	+ 1	752,8		10772
	3	8 0	163,34	14,0	57	+ 1	753,0		11068
	4	9 11	161,27	15,0	57	+ 1	753,2		11265
	4	10 21	161,26	15,5	59	+ 3	753,6		11266
	30	3	11 33	164,38	14,0	62	+ 2	754,0	[10969]
	2	12 45	166,57	15,7	65	+ 4	753,8		10765
	1	13 55	175,79	13,6	67	- 1	754,4		09974
	1	15 33	176,16	12,6	67	+ 1	754,6		09945
	2	17 52	166,59	13,8	67	0	754,8		10763
	3	19 3	163,68	14,8	67	0	755,2		11030
	4	20 12	161,02	15,0	67	0	755,3	10,8	11283

Дата Date	M	T	C	a'	φ'	Δt	B	f	S
Полтава II—Poltava II									
1926									
XI. 18	1	22 3	179,48	14,1	8,89	0,00	755,6	8,4	0,501 2274
	2	23 19	170,20	12,8	89	0	755,6		3039
	3	0 30	166,03	13,2	90	+	2 755,6		3409
	4	1 41	163,38	14,1	91	0	755,7	8,5	3652
	4	10 25	163,48	14,1	88	0	753,7	8,5	3649
	3	11 36	166,25	13,0	88	0	753,2		3394
	2	12 50	169,52	12,8	88	0	752,7		3103
	1	14 1	178,96	12,8	89	+	1 752,2	8,5	2321
19	1	22 17	179,54	13,9	86	0	751,6	8,5	2274
	2	23 33	169,69	13,0	87	+	2 751,6		3087
	3	0 45	166,04	13,2	89	+	2 751,5		3410
	4	1 57	163,31	13,2	90	+	1 751,1	8,5	3662
	4	10 18	163,62	14,1	88	+	1 750,3	8,5	3642
	3	11 28	166,30	13,0	88	0	750,4		3396
	2	12 43	169,56	13,2	89	+	2 749,8		3107
20	1	13 58	179,12	11,9	90	0	749,7	8,5	2315
	1	16 46	179,29	12,1	89	-	1 749,4		2301
	2	18 3	169,52	12,8	89	+	1 748,8		3109
	2	19 17	169,61	13,6	90	0	748,7		3100
	1	20 35	179,26	13,6	90	0	749,0		2302
	1	21 52	179,56	13,2	90	0	749,0		2280
	2	23 12	169,68	14,1	90	0	749,0		3094
	2	0 54	169,52	14,3	92	+	2 748,8		3108
	1	2 8	179,16	13,2	93	0	748,3	8,6	2309
	3	4 48	165,76	12,8	93	0	747,4		3439
	4	5 56	163,25	14,5	94	+	1 747,4		3670
	4	7 6	163,22	12,5	94	0	747,4		3675
	3	8 16	165,88	13,6	94	0	747,6		3427
	4	9 29	163,60	14,5	96	+	2 747,9		3636
	3	10 51	166,22	12,8	97	0	748,1		3394
	3	11 52	166,22	14,1	98	+	1 748,2		3393
	4	13 29	163,15	13,6	98	0	748,2	8,7	3677

Сопоставим теперь для каждого маятника его исправленные периоды, выведем средний маятник, возьмем для каждого из них среднее уклонение v от среднего и количества $[vv]$.

Таблица VII. — Tableau VII.
Сопоставление периодов колебаний по маятникам.
Comparaison des périodes des oscillations suivant les pendules.

1	v	2	v	3	v	4	v	Средний Мойен	v
Полтава I — Poltava I.									
0,5012293	- 9	0,5013102	+11	0,5013397	- 9	0,5013649	- 7	0,5013110	- 4
—	—	3086	- 5	3387	-19	3642	-14	—	—
2287	-15	3077	-14	3410	+ 4	3663	+ 7	3109	- 5
2275	-27	3103	+12	3386	-20	3643	-13	3102	-12
2291	-11	3110	+19	3415	+ 9	3695	+39	3128	+14
2308	+ 6	3040	-51	3397	- 9	3672	+16	3104	-10
2309	+ 7	3091	0	3413	+ 7	3658	+ 2	3118	+ 4
2318	+16	3079	-12	3404	- 2	3633	-23	3108	- 6
2291	-11	3103	+12	3422	+16	3684	+28	3125	+11
2335	+33	3112	+21	3410	+ 4	3607	-49	3116	+ 2
2297	- 5	3095	+ 4	3414	+ 8	3669	+13	3119	+ 5
2323	+21	3095	+ 4	3413	+ 7	3656	0	3122	+ 8
[vv]	3173		4209		1458		6127		747
Среднее Мойенне	2302	3091		3406		3656		3114	
ВИМС — I. M. S.									
0,5009932	-17	0,5010748	-16	0,5011041	- 4	0,5011260	-11	0,5010745	-11
9974	+25	0780	+16	1044	- 1	1270	- 1	0767	+11
9931	-18	0753	-11	1041	- 4	1280	+ 9	0751	- 5
9936	-13	0772	+ 8	1068	+23	1265	- 6	0760	+ 4
9974	+25	0765	+ 1	—	—	1266	- 5	—	—
9945	- 4	0763	- 1	1030	-15	1283	+12	0755	- 1
[vv]	2048		699		787		408		284
Среднее Мойенне	9949	0764		1045		1271		0756	
Полтава II — Poltava II.									
0,5012274	-23	0,5013039	-54	0,5013409	+ 1	0,5013652	- 6	0,5013094	-20
2321	+24	3103	+10	3394	-14	3649	- 9	3117	+ 3
2274	-23	3087	- 6	3410	+ 2	3662	+ 4	3108	- 6
2315	+18	3107	+14	3396	-12	3642	-16	3115	+ 1
2301	+ 4	3109	+16	3439	+31	3670	+12	3130	+16
2302	+ 5	3100	+ 7	3427	+19	3675	+17	3126	+12
2280	-17	3094	+ 1	3394	-14	3636	-22	3101	-13
2309	+12	3108	+15	3393	-15	3677	+19	3122	+ 8
[vv]	2432		3779		2088		1667		1079
Среднее Мойенне	2297	3093		3408		3658		3114	

Из данных таблицы VII мы получаем значения средних ошибок одного определения продолжительности качания как для каждого отдельного, так и среднего маятника, а также соответствующие средние ошибки станционного значения (таблица VIII).

Таблица VIII. — Tableau VIII.

Средние ошибки одного определения периода и станционного среднего.
Erreurs moyennes d'une détermination du S et de la moyenne pour une station.

Пункт Station	Средняя ошибка отдельного наблюдения Erreur moyenne d'une détermination					Средняя ошибка станционного среднего Erreur moyenne pour chaque station				
	№№ маятников—Nos des pendules					№№ маятников—Nos des pendules				
	1	2	3	4	Средний Moyen	1	2	3	4	Средний Moyen
Полтава I } Poltava I }	$\pm 17,8$	$\pm 19,6$	$\pm 11,5$	$\pm 23,6$	$\pm 8,6$	$\pm 5,4$	$\pm 5,6$	$\pm 3,3$	$\pm 6,8$	$\pm 2,6$
ВИМС—I.M.S.	20,2	11,8	14,0	9,0	8,4	8,3	4,8	6,3	3,7	3,8
Полтава II } Poltava II }	18,6	23,2	17,3	15,4	12,4	6,6	8,2	6,1	5,5	4,4

Из всей совокупности наблюдений, пользуясь количеством $[vv]$ таблицы VII вычислим средние значения средней ошибки в наблюдении периоде одного отдельного маятника m' и средней ошибки в наблюденном периоде отдельного значения среднего маятника m'' по формулам

$$m' = \sqrt{\frac{\sum [vv]}{4([n]-r)}} \quad \text{и} \quad m'' = \sqrt{\frac{\sum [VV]}{[n]-r}} \dots \dots \dots (5)$$

Здесь $[n]$ общее число наблюдений каждого маятника, r —число пунктов, $\sum [vv]$ и $\sum [VV]$ —соответствующие суммы сумм квадратов уклонения для всех индивидуальных маятников и для среднего маятника. В данном случае мы считаем $[n] = 26$, предполагая, что в тех двух местах, где у нас отсутствуют некоторые периоды маятников, а именно: 1) Полтава I маятник № 1 во 2-й строке и 2) ВИМС маятник № 3 в 5-й строке—они заменены средним значением из числа данного столбца и что в этом месте уклонения от среднего есть 0. Отметим, что при вычислении чисел таблицы VIII мы этим предположением не пользовались.

Подставляя соответствующие числа в формулы (5), получаем

$$m' = \sqrt{\frac{28875}{92}} = \pm 17,7 \quad \text{и} \quad m'' = \sqrt{\frac{2110}{23}} = \pm 9,6.$$

Значения ошибок даны в единицах 10^{-7} .

Теперь применим формулы Воггаса¹ для отделения систематической части k средних ошибок от случайной μ , имеющие вид:

$$\begin{aligned}\mu^2 + k^2 &= \frac{\Sigma [vv]}{4([n] - r)} \\ \frac{1}{4}\mu^2 + k^2 &= \frac{\Sigma [VV]}{[n] - r} \dots \dots \dots (6)\end{aligned}$$

Подставляя соответствующие численные значения в эти формулы, получаем:

$$\begin{aligned}\mu^2 + k^2 &= 318,86 & \mu &= \pm 17,2 \cdot 10^{-7} \\ \frac{1}{4}\mu^2 + k^2 &= 91,74 & \text{отсюда: } k &= \pm 4,2 \cdot 10^{-7}\end{aligned}$$

Полученные значения μ и k показывают, что в рядах наблюдений есть небольшая ошибка систематического характера.

§ 6. Изменяемость маятников от станции к станции, зависящей от изменчивости маятников от станции к станции, составим прежде всего разности „маятник—средний“. Эти разности, их средние значения, отклонения от среднего и $[vv]$ составляют содержание таблицы IX.

Теперь, по данным этой таблицы IX возьмем сумму сумм квадратов отклонений и найдем численное значение величины μ —средней ошибки в наблюдаемой продолжительности качания маятников, свободной от систематической ошибки, по формуле¹⁾:

$$\mu = \sqrt{\frac{\Sigma [vv]}{3([n] - r)}} \dots \dots \dots (7)$$

где $[n]$ число наблюдений за всю экспедицию, r —число пунктов. Подставляя в эту формулу соответствующие числа, получаем:

$$\mu^2 = \frac{19144}{3(24 - 3)} = 303,87, \text{ откуда } \mu = \pm 17,4 \cdot 10^{-7}$$

Полученное значение μ вполне хорошо согласуется со значением этой средней ошибки, полученным выше по другой формуле.

В следующей таблице X мы сопоставляем средние значения разностей „маятник—средний“ для каждого пункта, берем из них среднее и отклонения от среднего, а также количества $[vv]$ и количества $\frac{1}{n}$, где n —число наблюдений на данном пункте.

¹ См. цитированную из стр. 10 статью.

Таблица IX.—Tableau IX.

Сравнение индивидуальных маятников со средним M .
 Comparaisons des pendules séparés avec le pendule moyen M .

Пункт Station	1— M	v	2— M	v	3— M	v	4— M	v
Полтава I Poltava I	- 817	- 5	- 8	+ 15	+ 287	- 6	+ 539	- 4
	- 822	- 10	- 32	- 9	+ 301	+ 8	+ 554	+ 11
	- 827	- 15	+ 1	+ 24	+ 284	- 9	+ 541	- 2
	- 837	- 25	- 18	+ 5	+ 287	- 6	+ 567	+ 24
	- 796	+ 16	- 64	- 41	+ 293	0	+ 568	+ 25
	- 809	+ 3	- 27	- 4	+ 295	+ 2	+ 540	- 3
	- 790	+ 22	- 29	- 6	+ 296	+ 3	+ 525	- 18
	- 834	- 22	- 22	+ 1	+ 297	+ 4	+ 559	+ 16
	- 781	+ 31	- 4	+ 19	+ 294	+ 1	+ 491	- 52
	- 822	- 10	- 24	- 1	+ 295	+ 2	+ 550	+ 7
	- 799	+ 13	- 27	- 4	+ 291	- 2	+ 534	- 9
[vv]		3438		3019		255		4765
Среднее Moyennes	- 812		- 23		+ 293		+ 543	
ВИМС I. M. S.	- 813	- 1	+ 3	- 5	+ 296	+ 7	+ 515	- 1
	- 793	+ 19	+ 13	+ 5	+ 277	- 12	+ 503	- 13
	- 820	- 8	+ 2	- 6	+ 290	+ 1	+ 529	+ 13
	- 824	- 12	+ 12	+ 4	+ 308	+ 19	+ 505	- 11
	- 810	+ 2	+ 8	0	+ 275	- 14	+ 528	+ 12
[vv]		574		102		751		604
Среднее Moyennes	- 812		+ 8		+ 289		+ 516	
Полтава II Poltava II	- 820	- 3	- 55	- 34	+ 315	+ 21	+ 558	+ 14
	- 796	+ 21	- 14	+ 7	+ 277	- 17	+ 532	- 12
	- 834	- 17	- 21	0	+ 302	+ 8	+ 554	- 10
	- 800	+ 17	- 8	+ 13	+ 281	- 13	+ 527	- 17
	- 829	- 12	- 21	0	+ 309	+ 15	+ 540	- 4
	- 824	- 7	- 26	- 5	+ 301	+ 7	+ 549	+ 5
	- 821	- 4	- 7	+ 14	+ 293	- 1	+ 535	- 9
	- 813	+ 4	- 14	+ 7	+ 271	- 23	+ 555	+ 11
[vv]		1253		1644		1767		972
Среднее Moyennes	- 817		- 21		+ 294		+ 544	

Таблица X.—Tableau X.

Сопоставление индивидуальных и среднего маятников по пунктам.
Comparaisons des pendules séparés et moyens M suivant les stations.

Пункт Station	Число набл. n Nombre des obser.	$\frac{1}{n}$	1— M	2— M	3— M	4— M	v_1	v_2	v_3	v_4	$[vv]$
Полтава I Poltava I	11	0,091	-812	-23	+293	+543	+2	-11	+1	+9	207
ВИМС I.M.S.	5	0,200	-812	+8	+289	+516	+2	+20	-3	-18	737
Полтава II Poltava II	8	0,125	-817	-21	+294	+544	-3	-9	+2	+10	194
Суммы и средние Sommes et moyennes	24	0,416	-814	-12	+292	+534	(17)	(602)	(14)	(505)	1138

Теперь мы можем приступить уже непосредственно к нахождению средней ошибки отдельного наблюдения маятника ρ , зависящей от изменяемости маятников. Эту задачу мы разрешим с помощью формулы:¹

$$[vv] = 3 \frac{r-1}{r} \mu^2 \sum \frac{1}{n} + 3(r-1)\rho^2 \dots \dots \dots (8)$$

где ρ^2 —квадрат искомой ошибки, r —число пунктов, μ^2 —см. выше, $[vv]$ —сумма квадратов всех уклонений, т. е. $[v_1v_1] + [v_2v_2] + [v_3v_3] + [v_4v_4]$, взятая из таблицы X. Подставляя соответствующие числа в формулу (8), получаем:

$$1138 = 2 \cdot 303,87 \cdot 0,416 + 6\rho^2, \text{ откуда} \\ \rho^2 = 147,53 \text{ и } \rho = \pm 12,1 \cdot 10^{-7}.$$

Средняя ошибка среднего из 4-х маятников равна

$$\rho_0 = \frac{\rho}{\sqrt{4}} = \pm 6,1 \cdot 10^{-7}.$$

Теперь сопоставим периоды маятников для Полтавы I и II, получим:

Маятник	1	2	3	4	средний
Полтава I:	0 ^s 5012302	0 ^s 5013091	0 ^s 5013406	0 ^s 5013656	0 ^s 5013114
Полтава II:	2297	3093	3408	3658	3114
Разность:	-5	+2	+2	+2	0

¹ См. цитированную на стр. 10 статью.

Из этого сопоставления видим, что периоды маятников за время наблюдения изменились настолько мало, что эти изменения вполне могут быть объяснены ошибками самих наблюдений.

Если теперь обратимся к таблице X и рассмотрим разности „маятник—средний“ по вертикальным столбцам, то мы увидим такую картину. Разности для маятников 1 и 3 держатся достаточно хорошо. Разности же для 2 и 4 меняются скачками: они сильно изменились от Полтавы I до ВИМС, а затем снова изменились от ВИМС до Полтавы II на такую же величину, как и в первом случае, только в обратном направлении. Значения разностей для маятников 2 и 4 для ВИМС уклоняются сильнее от среднего значения, и $[vv]$ для них являются наибольшими.

Повидимому наблюдения с маятниками 1 и 3 более надежны, чем с двумя остальными.

§ 7. Точность полученных результатов. Сопоставим теперь средние ошибки, оказывающие существенное влияние на разность $S_0 - S$ периодов качаний маятников в Полтаве и ВИМС. Это следующие:

1) Средняя ошибка в наблюдаемой продолжительности качания. Эти ошибки получены у нас из сходимости наблюдений между собой. Их значения, взятые из таблицы VIII, таковы:

Полтава I	$\pm 2,6 \cdot 10^{-7}$
ВИМС	$\pm 3,8 \cdot 10^{-7}$
Полтава II	$\pm 4,4 \cdot 10^{-7}$

Отсюда для Полтавы средней: $\pm 2,6 \cdot 10^{-7}$.

2) Средняя ошибка в поправке периода за ход часов. Из приведенных выше данных получаем такие значения средней ошибки суточного хода часов:

Полтава в среднем	$\pm 0,018$
ВИМС	$\pm 0,010$

Отсюда средняя ошибка в поправке периода за ход часов следующая:

Полтава в среднем	$\pm 1,0 \cdot 10^{-7}$
ВИМС	$\pm 0,6 \cdot 10^{-7}$

3) Средняя ошибка в поправке периода за сокачание. Из данных на стр. 7 получаем такие значения:

Полтава средняя	$\pm 1,5 \cdot 10^{-7}$
ВИМС	$\pm 0,8 \cdot 10^{-7}$

4) Средняя ошибка за изменимость маятников у нас получилась для каждого пункта равной $\pm 6,1 \cdot 10^{-7}$. Отсюда ее влияние на разности $S - S_0$ есть

$$\pm 6,1 \cdot 10^{-7} \cdot \sqrt{2} = \pm 7,5 \cdot 10^{-7}.$$

него по временам, вследствие недостаточного трения в стрелочном механизме, не движется минутная стрелка.

Давление воздуха отчитывалось: 1) в Полтаве I—по анероиду Naudet № 770, поправка которого из сравнения с барометром и 2-мя гипсотермометрами получилась равной $+3,3 \text{ мм}$, 2) в ВИС—по анероиду Naudet № 1494, поправка которого из сравнения с барометром: $+1,9 \text{ мм}$, 3) в Полтаве II—по тому же анероиду № 770, поправка которого была $+2,5$.

Влажность воздуха определялась по психрометру Ассмана.

§ 9. Место качания и порядок наблюдений. Качание маятников в Полтаве производилось на том же столбе, что и в 1926 году.

В ВИС маятники были установлены в третьем часовом подвале на большом массивном столбе. Место этой установки обозначено на рис. 1 (стр. 6) прямоугольником В. Расстояние от объектива счетчика до призм маятников было: для Полтавы 224 см, а для ВИС 210 см.

В Полтаве наблюдалось 16 маятников, причем после 8 маятников они были сняты, обмахнуты кисточкой и вновь подвешены в том же порядке. Программу работ в Полтаве I пришлось несколько растянуть, так как проф. А. Я. Орлов был несколько раз отвлекаем от наблюдений визитами официального характера. В ВИС наблюдалось 32 маятника: из них 20—с хронометром 3824 E*, а остальные—с хронометром 674 N*. Перевеска и обмахивание маятников кисточкой произведены после первых 12 маятников. В Полтаве II наблюдалось 16 маятников. Перевеска и чистка маятников в середине наблюдений. Наблюдения продолжительности совпадений, отчеты температуры маятников, давления воздуха и влажности производились как обычно.

§ 10. Сокачение штатива. Сокачение штатива определялось по способу, указанному в § 3.

В Полтаве I оно определялось два раза для каждой пары маятников 1—2 и 3—4: один раз перед наблюдениями качаний маятников, второй раз—после всех наблюдений. В ВИС было сделано 4 определения сокачения: 2 раза перед наблюдением качаний маятников, один раз в середине и один раз в конце работ. В Полтаве II—в начале, в середине и в конце работ, по одному разу для каждой пары маятников.

Значения поправок периодов маятников за сокачение, средние стационарные их значения и средние ошибки этих значений—все в единицах 10^{-7} —представлено в таблице XI.

Из данных таблицы XI мы получаем такие значения средних ошибок среднего стационарного значения сокачения для каждого из пунктов:

Для Полтавы I . . .	$\pm 0,9 \cdot 10^{-7}$
„ ВИС	$\pm 0,6 \cdot 10^{-7}$
„ Полтавы II	$\pm 0,4 \cdot 10^{-7}$

Таблица XI.—Tableau XI.

Поправки за сокачение штатива.
 Corrections pour la cooscillation du support.

Станция Station	Полтава I Poltava I		ВИМС I. M. S.		Полтава II Poltava II	
	1—2	3—4	1—2	3—4	1—2	3—4
Направление Direction	1—2	3—4	1—2	3—4	1—2	3—4
	—21 24	—30 29	—13 16 16 12	—20 20 22 18	—23 24 22	—27 28 29
Среднее Moyennes	—22	—30	—14	—20	—23	—28
	±1,6	±0,7	±1,0	±0,8	±0,6	±0,6
Средняя ошибка Erreurs moyennes						

§ 11. Ход часов. Как уже упоминалось выше, наблюдения в Полтаве (оба раза) производились с часами 533 R*. Поправки этих часов получались 2 раза в сутки из приемов ритмических сигналов станции Науэн. Для данной группы маятников, заключенной между двумя приемами ритмических сигналов, принимался тот суточный ход часов, который получался путем удвоения полусуточного хода, полученного из этих двух приемов.

В таблице XII даны показания часов 533 R* в моменты 0^h 3^m 27^s и 12^h 3^m 27^s всемирного времени соответственно, а также их суточные ходы за средние сутки относительно среднего времени.

Таблица XII.—Tableau XII.

Сличения часов 533 R* с сигналами Науэна.
 Comparaisons de la pendule 533 R* avec les signaux de Nauwen.

Полтава I—Poltava I			Полтава II—Poltava II		
Дата Date	Показания часов 533 R* Heures de la pendule 533 R*	Суточный ход Marche diurne	Дата Date	Показания часов 533 R* Heures de la pendule 533 R*	Суточный ход Marche diurne
1929			1929		
	<i>h m s</i>			<i>h m s</i>	
I. 26,5	15 33 17,92	—3 ^m 58,14	III. 23,0	1 2 5,28	—3 ^m 57,32
27,0	3 35 16,99		23,5	13 4 3,94	
27,5	15 37 16,09	58,20	24,0	1 6 2,66	57,44
28,0	3 39 15,12	58,06	24,5	13 8 1,78	58,28
28,5	15 41 14,24	58,24	25,0	1 10 1,12	58,68
29,0	3 43 13,29	58,10	25,5	13 12 0,51	58,78
29,5	15 45 12,42	58,26			

Средняя ошибка полусуточного хода получилась как для Полтавы I, так и для Полтавы II равной $\pm 0,02$. Поправки и ходы хронометров 3824 E* и 674 N* в ВИМС получались из сравнения на хронографе каждого из этих хронометров с нормальными часами ВИМС 67 R*. Эти сравнения производились непосредственно перед качанием маятников и после него. В следующей таблице XIII представлены поправки хронометров в соответствующие моменты по часам 67 R*, суточный ход часов 67 R*, соответствующий этому моменту, и суточные ходы хронометров за средние сутки относительно среднего времени.

Таблица XIII. — Tableau XIII.

Сличения хронометров 3824 E* и 674 N* с часами 67 R*.
Comparaisons des chronometres 3824 E* et 674 N* et de la pendule 67 R*.

Дата Date	Показания часов 67 R* Heures de la pendule 67 R*	67 R* — — 3824 E* и (et) 67 R* — — 674 N*	Суточный ход 67 R* Marche diurne	Суточные ходы 3824 E* и 674 N* Marches diurnes des chronometres 3824 E* et 674 N*
Хронометр 3824 E* — Chronometre 3824 E*				
1929				
И. 13	^h 5 ^m 44 ^s 0	+ 16,106		
	10 53 0	+ 15,931	+ 0,385	— 3 ^m 56,99
14	16 22 0	+ 15,716	+ 0,385	57,12
	1 51 0	+ 15,345	+ 0,395	57,02
	7 2 0	+ 15,160		
15	7 4 0	+ 14,478	+ 0,406	56,79
16	12 0 0	+ 14,348	+ 0,406	56,89
	17 6 0	+ 14,192		
Хронометр 674 N* — Chronometre 674 N*				
16	3 31 0	+ 39,824		
	8 48 0	+ 39,396 ¹	+ 0,409	— 3 58,10
18	3 45 0	+ 35,742	+ 0,411	58,52
	9 41 0	+ 35,158		
19	11 41 0	+ 34,949	+ 0,411	58,46
	17 4 0	+ 34,432		

Средняя ошибка определения суточного хода часов принята для ВИМС $\pm 0,01$.

§ 12. Результаты наблюдений. Результаты наблюдения качаний маятников представлены в таблице XIV. Редукции наблюдаемых периодов произведены с теми же значениями коэффициентов маятников, что и раньше. Обозначения в заголовках таблицы имеют тот же смысл, что и в таблице VI такого же рода.

¹ После этого сравнения хронометр 674 N* переведен и поставлен по хронометру 1532 E* лаборатории времени ВИМС.

Таблица XIV.—Tableau XIV.
Наблюдения маятников.—Observations des pendules.

Дата Date	M	T	C	a'	t°	Δt	f	S
Полтава, J—Poltava I								
1929								
1. 26	1	^h 23 ^m 9	187,14	14,3	7,73	+0,04	^{мм} 760,9	^{мм} 7,8 0,5012268
	2	0 31	176,04	15,2	76	+ 4	760,8	3113
	3	1 47	172,98	14,3	78	+ 2	760,7	3358
7	4	3 0	169,60	15,4	79	0	760,7	7,8 3645
	1	10 4	187,14	13,8	70	+ 1	759,9	7,6 2267
	2	11 22	176,16	15,0	70	0	759,9	3103
	3	12 37	173,06	13,6	70	+ 1	759,7	3352
	4	13 50	169,68	15,2	72	+ 2	759,5	7,8 3640
28	1	10 34	187,30	14,3	58	+ 2	760,3	7,5 2258
	2	11 53	176,23	14,7	61	+ 4	760,5	3099
	1	21 44	187,33	13,6	52	+ 1	761,7	7,6 2265
	2	23 6	176,24	14,3	54	+ 2	762,1	7,5 3110
	3	0 21	173,17	13,8	56	+ 2	762,3	3353
	4	1 39	169,71	14,5	60	+ 5	762,7	3645
29	3	10 7	173,18	13,8	50	0	764,3	3344
	4	11 24	169,77	13,3	52	+ 3	764,5	7,7 3635
ВИМС—I. M. S.								
13	1	6 39	219,96	15,7	16,46	+0,04	776,7	11,8 0,5009934
	2	7 53	205,11	17,2	49	+ 1	777,1	10756
	3	9 6	200,86	18,0	49	0	777,7	11008
	4	10 16	197,04	17,0	49	0	778,1	11251
14	1	11 47	219,69	17,5	49	+ 1	778,7	09935
	2	13 2	204,97	17,5	50	0	779,0	10754
	3	14 14	200,74	17,5	51	0	779,3	11006
	4	15 31	196,74	18,4	51	0	779,5	11,3 11260
	1	2 42	219,94	17,2	41	0	780,7	11,2 09931
	2	3 57	205,10	17,5	42	+ 4	780,9	10756
	3	5 8	200,81	16,7	45	+ 2	780,9	11010
	4	6 22	196,99	17,7	47	+ 3	780,7	11,1 11252
15	1	7 49	220,12	17,0	45	+ 2	776,5	11,4 09936
	2	9 5	205,40	17,5	47	+ 2	776,3	10752
	3	10 16	201,12	17,5	49	0	776,1	11006
	4	11 21	197,36	17,2	49	0	775,9	11243

Таблица XIV (окончание).—Таблица XIV (fin).

Дата Date	M	T	C	a'	t°	Δt	B	f	S	
II. 16	1	12 ^h 45 ^m	220,04	16,7	16,49	0,00	775,7 ^{mm}		0,5009933	
	2	14 0	205,40	16,7	49	+ 1	775,8		10745	
	3	15 6	200,98	17,0	49	- 1	776,0		11008	
	4	16 13	197,42	18,4	49	0	776,3	11,1 ^{mm}	11252	
	1	2 30	218,52	17,7	49	0	778,1	11,2	09938	
	2	3 42	204,08	18,2	49	0	778,3		10751	
	3	4 53	199,89	16,5	49	0	778,5		11005	
	4	6 4	196,20	16,0	49	0	778,7	11,1	11242	
	18	1	4 36	218,08	17,7	49	0	775,9	11,8	09939
		2	6 38	203,78	17,2	52	+ 2	775,5		10748
		3	7 51	199,59	17,0	54	0	775,3		11000
		4	9 4	195,61	18,7	55	+ 2	775,0		11254
	19	1	12 29	218,24	17,2	55	0	774,9		09934
		2	13 52	203,96	17,5	56	+ 2	774,9		10740
		3	15 2	199,65	17,2	57	+ 1	774,9		10999
		4	16 14	195,49	18,7	59	+ 1	774,7	11,4	11265
Полтава II—Poltava II										
III. 23	1	9 44	187,74	14,0	7,15	-0,04	759,7	7,1	0,5012296	
	2	11 6	176,93	16,3	12	- 2	759,5		3114	
	3	12 20	173,55	15,9	10	- 2	759,1		3387	
	4	13 46	170,72	14,5	07	- 3	758,6		3623	
	1	19 55	187,95	15,0	6,82	- 3	757,5		2290	
	2	21 17	177,13	15,0	80	0	757,5		3109	
	3	22 32	178,74	14,3	80	0	757,3		3382	
	24	4	23 46	170,85	15,0	79	- 2	757,1	7,1	3625
		1	19 56	187,22	14,5	44	0	752,8	6,9	2293
	25	2	21 35	176,56	14,3	44	- 1	752,3		3105
		3	23 20	173,14	17,2	45	+ 2	751,9		3380
		4	0 28	170,25	14,0	46	0	751,9		3629
1		7 30	187,32	14,3	31	0	751,8		2289	
2		8 48	176,63	15,0	31	+ 1	752,0		3101	
3		10 3	173,19	15,4	32	0	752,1		3377	
4		11 13	170,30	14,3	32	+ 1	752,1	7,0	3624	

Сопоставим периоды качаний каждого маятника, образуем фиктивный „средний“ маятник, составим соответствующие средние, отклонения от среднего и суммы $[v]$. Эти данные представлены в таблице XV.

Таблица XV. — Tableau XV.

Сопоставление периодов колебания по маятникам.
Comparaison des périodes des oscillations suivant les pendules.

	1	v	2	v	3	v	4	v	Средний Moyen	V
Полтава I—Poltava I.										
	0,5012268	+ 4	0,5013113	+ 7	0,5013358	+ 6	0,5013645	+ 4	0,5013096	+ 5
	2267	+ 3	3103	- 3	3352	0	3640	- 1	3090	- 1
	2258	- 6	3099	- 7	3353	+ 1	3645	+ 4	3089	- 2
	2265	+ 1	3110	+ 4	3344	- 8	3635	- 6	3088	- 3
$[v]$		62		123		101		69		39
Среднее Moyennes	2264		3106		3352		3641		3091	
ВИМС—L. M. S.										
	0,5009934	- 1	0,5010756	+ 6	0,5011008	+ 3	0,5011251	- 1	0,5010737	+ 1
	9935	0	0754	+ 4	1006	+ 1	1260	+ 8	0739	+ 3
	9931	- 4	0756	+ 6	1010	+ 5	1252	0	0737	+ 1
	9936	+ 1	0752	+ 2	1006	+ 1	1243	- 9	0734	- 2
	9933	- 2	0745	- 5	1008	+ 3	1252	0	0734	- 2
	9938	+ 3	0751	+ 1	1005	0	1242	- 10	0734	- 2
	9939	+ 4	0748	- 2	1000	- 5	1254	+ 2	0735	- 1
	9934	- 1	0740	- 10	0999	- 6	1265	+ 13	0734	- 2
$[v]$		48		222		106		419		28
Среднее Moyennes	9935		0750		1005		1252		0736	
Полтава II—Poltava II										
	0,5012296	+ 4	0,5013114	+ 7	0,5013387	+ 5	0,5013623	- 2	0,5013105	+ 3
	2290	- 2	3109	+ 2	3382	0	3625	0	3102	0
	2293	+ 1	3105	- 2	3380	- 2	3629	+ 4	3102	0
	2289	- 3	3101	- 6	3377	- 5	3624	- 1	3098	- 4
$[v]$		30		93		54		21		25
Среднее Moyennes	2292		3107		3382		3625		3102	

Пользуясь количествами $[vv]$ таблицы XV, найдем средние ошибки в наблюденной продолжительности качания для индивидуальных и среднего маятников как для отдельного наблюдения, так и для стационарного среднего. Эти средние ошибки в единицах 10^{-7} представлены в таблице XVI.

Таблица XVI. — Tableau XVI.

Средние ошибки одного определения и стационарного среднего.
Erreurs moyennes d'une détermination du S et de la moyenne pour chaque station.

Пункт Station	Средняя ошибка отдельного наблюдения Erreur moyenne d'une détermination					Средняя ошибка стационарного наблюдения Erreur moyenne pour chaque station				
	1	2	3	4	Средний Мoyen	1	2	3	4	Средний Мoyen
Полтава I } Poltava I }	±4,6	±6,4	±5,8	±4,8	±3,6	±2,3	±3,2	±2,9	±2,4	±1,8
ВМС—I.M.S.	2,6	5,6	3,9	7,7	2,0	0,9	2,0	1,4	2,7	0,7
Полтава II } Poltava II }	3,2	5,6	4,2	2,6	2,9	1,6	2,8	2,1	1,3	1,4

Найдем теперь среднюю ошибку отдельного определения периода одного маятника и среднего маятника из всей совокупности наблюдений по формулам (5).¹ Подставляя соответствующие числа в эти формулы, получаем:

$$m' = \sqrt{\frac{1348}{52}} = \pm 5,1 \quad \text{и} \quad m'' = \sqrt{\frac{42}{13}} = \pm 2,7$$

Отделим теперь систематическую часть этой средней ошибки от случайной, применив формулы (6).² После подстановки соответствующих чисел, имеем:

$$\begin{aligned} \mu^2 + k^2 &= 25,92 \quad \text{откуда:} \quad \mu = \pm 5^1,0 \cdot 10^{-7} \\ \frac{1}{4}\mu^2 + k^2 &= 7,08 \quad \quad \quad k = \pm 0^2,9 \cdot 10^{-7} \end{aligned}$$

Полученные значения μ и k свидетельствуют о том, что сколь-нибудь заметная, систематическая ошибка в наблюденных периодах отсутствует.

§ 13. Изменяемость маятников. Вычисление средней ошибки, зависящей от изменяемости маятников от станции к станции, мы опять будем вести по формуле (8).³

¹ См. стр. 15² См. стр. 16³ См. стр. 18

Для получения необходимых данных составим прежде всего таблицу XVII разностей „маятник—средний“ для всех трех пунктов.

Таблица XVII.—Tableau XVII.

Сопоставление индивидуальных маятников со средним M .
Comparaisons des pendules séparés avec le pendule moyen M .

Пункт Station	1— M	ν	2— M	ν	3— M	ν	4— M	ν
Полтава I Poltava I	-828	-2	+17	+1	+262	+1	+549	-1
	-823	+3	+13	-3	+262	+1	+550	0
	-831	-5	+10	-6	+264	+3	+556	+6
	-823	+3	+22	+6	+256	-5	+547	-3
Среднее } Moyennes }	-826		+16		+261		+550	
	[ν]	47		82		36		46
ВИМС. I. M. S.	-803	-3	+19	+4	+271	+1	+514	-3
	-804	-4	+15	0	+267	-3	+521	+4
	-806	-6	+19	+4	+273	+3	+515	-2
	-798	+2	+18	+3	+272	+2	+509	-8
	-801	-1	+11	-4	+274	+4	+518	+1
	-796	+4	+17	+2	+271	+1	+508	-9
	-796	+4	+13	-2	+265	-5	+519	+2
	-800	0	+6	-9	+265	-5	+531	+14
Среднее } Moyennes }	-800		+15		+270		+517	
	[ν]	98		146		90		375
Полтава II Poltava II	-809	+1	+9	+3	+282	+2	+518	-6
	-812	-2	+7	+1	+280	0	+523	-1
	-809	+1	+3	-3	+278	-2	+527	+3
	-809	+1	+3	-3	+279	-1	+526	+2
Среднее } Moyennes }	-810		+6		+280		+524	
	[ν]	7		28		9		50

По данным таблицы XVII, пользуясь формулой (7),¹ вычислим среднюю ошибку в наблюдаемом периоде, свободную от

¹ См. стр. 16.

систематической ошибки. После подстановки соответствующих чисел получаем:

$$\mu^2 = \frac{1014}{39} = 26,0, \text{ откуда } \mu = \pm 5,1 \cdot 10^{-7}, \text{ что вполне согласно}$$

с результатом, полученным раньше иным способом.

Теперь составим следующую сводную таблицу XVIII.

Таблица XVIII.—Tableau XVIII.

Сравнение индивидуальных и среднего маятников по пунктам.
Comparaisons des pendules séparés et moyen M suivant les stations.

Пункт Station	Число наблю- д. Nombre des obser.	$\frac{1}{n}$	1-M	2-M	3-M	4-M	v_1	v_2	v_3	v_4	[σ]
Полтава I Poltava I	4	0,250	-826	+16	+261	+550	-14	+4	-9	+20	693
ВИМС-I.M.S.	8	0,125	-800	+15	+270	+517	+12	+3	0	-13	322
Полтава II Poltava II	4	0,250	-810	+6	+280	+524	+2	-6	+10	-6	176
Суммы и средние Sommes et moyennes	16	0,625	-812	+12	+270	+530	(344)	(61)	(181)	(605)	1191

Теперь, подставляя соответствующие числа в формулу (8), получаем:

$$1191 = 2 \cdot 26,0,625 + 6\rho^2; \rho^2 = 193,08; \rho = \pm 13,9 \cdot 10^{-7}.$$

Средняя ошибка среднего из 4-х маятников $\rho_0 = \pm 7,0,10^{-7}$.

Сопоставим теперь периоды маятников для Полтавы I и II, получаем:

Маятник:	1	2	3	4	Средний
Полтава I:	0,5012264	0,5013106	0,5013352	0,5013641	0,5013091
Полтава II:	2292	3107	3382	3625	3102
Разность:	+28	+1	+30	-16	+11

Таким образом, мы видим, что маятники 1 и 3 претерпели за время экспедиции наибольшие изменения.

§ 14. Точность полученных результатов. Сопоставляем средние ошибки:

1) Средняя ошибка в наблюдаемом периоде, по данным таблицы XVI имеет следующие значения:

$$\begin{aligned} \text{Полтава средняя} & \dots \pm 1,1 \cdot 10^{-7} \\ \text{ВИМС} & \dots \dots \dots \pm 0,7 \cdot 10^{-7} \end{aligned}$$

2) Средняя ошибка в определении суточного хода такая:

ВИМС $\pm 0^s,01$

Полтава I и II $\pm 0^s,04$

Отсюда средняя ошибка поправки периода за ход часов:

Полтава средняя $\pm 1^s,6 \cdot 10^{-7}$

ВИМС $\pm 0,6 \cdot 10^{-7}$

3) Средняя ошибка поправки за сокачание штатива.
Из приведенных выше данных получаем:

Полтава средняя $\pm 0^s,5 \cdot 10^{-7}$

ВИМС $\pm 0,6 \cdot 10^{-7}$

4) Средняя ошибка за изменение длины маятников для каждой станции получилась равной $\pm 7^s,0 \cdot 10^{-7}$. Ее влияние на разность есть $7^s,0 \cdot \sqrt{2}/2 \cdot 10^{-7} = \pm 8^s,6 \cdot 10^{-7}$.

5) Средняя ошибка, зависящая от точности определения коэффициентов маятников. Сопоставим средние температуры t° и плотности D для всех трех пунктов:

	t°	D
Полтава I	7,64	0,97
Полтава II	6,67	0,97
Полтава ср.	7,16	0,97
ВИМС	16,50	0,96
Разность	9,34	+0,01

Отсюда, принимая во внимание средние ошибки в определении коэффициентов, получаем:

влияние неточности температурного коэффициента $\pm 0^s,4 \cdot 10^{-7}$,
влияние неточности определения барометрического коэффициента
исчезающе мало.

Отсюда средняя ошибка $E_{(t_0 - s)}$ разности $S_0 - S$ есть:

$$E_{(t_0 - s)} = \sqrt{(1,1)^2 + (0,7)^2 + (1,6)^2 + (0,6)^2 + (0,5)^2 + (0,6)^2 + (8,6)^2 + (0,4)^2} \cdot 10^{-7} = \pm 8^s,9 \cdot 10^{-7}$$

ГЛАВА III.

НАБЛЮДЕНИЯ ЛЕТОМ 1929 ГОДА С МАЯТНИКАМИ ШТЮКРАТА.

§ 15. Инструменты. Летом 1929 г. проф. А. Я. Орлов произвел наблюдения для связи Полтавской Обсерватории с ВИМС в Ленинграде, взяв для этой работы упоминавшийся прибор Штюкрата (маятники № 100, 101, 102 и 103) и прибор Штернека со стенным штативом и с шестью маятниками №№ 84, 85, 109, 131, 132, 133. В этой главе мы будем говорить о наблюдениях

с 4-х маятниковым прибором Штюкрата (при нем те же термометры и счетчик, о которых речь шла в предыдущих главах).

Для определения периодов маятников по методу совпадений служили звездные контактные часы Riefler № 532 (532 R*).

Давление воздуха отчитывалось в Полтаве I по барометру Fuess № 19012, находящемуся при приборе Fuess'a для испытания анероидов. Поправка этого барометра — 0,3 мм, а также редукция за высоту барометра относительно маятников + 0,3 мм, при этом были приняты во внимание. В ВИМС отчеты давления делались по анероиду Naudet № 1494, а в Полтаве II — по анероиду Naudet № 770. Поправки их, из сравнения с барометром, следующие:

для Naudet № 1494 + 0,1 мм
 „ „ № 770 + 1,4 „

Влажность воздуха определялась по психрометру Ассмана.

§ 16. Место качания. Как в Полтаве, так и в ВИМС качания маятников производились на тех же столбах, что и в предыдущей (глава II) серии работ 1929 года. Расстояния от объектива счетчика до призмы маятников: в Полтаве 224 см (оба раза), в ВИМС 203 см. Порядок наблюдений сохранен тот же, что и в главе II.

§ 17. Сокачение штатива. В ВИМС сокачение (по описанному уже способу) определялось перед началом качаний маятников и по их окончании, всего сделано 4 определения, по два для каждой пары маятников. В Полтаве I и II сокачение определялось перед наблюдениями, в середине наблюдений, после чистки и перевески маятников и в конце наблюдений.

В таблице XIX представлены поправки периодов за сокачение в единицах 10^{-7} .

Таблица XIX. — Tableau XIX.

Поправки за сокачение штатива.
 Corrections pour la cooscillation du support.

Пункт—Station	Полтава I Poltava I		ВИМС I. M. S.		Полтава II Poltava II	
	1—2	3—4	1—2	3—4	1—2	3—4
Направление } Direction } . . .	—23	—26	—21	—30	—22	—26
	25	26	19	31	24	27
	23	26	22	27	27	26
			23	29		
Среднее Moyennes } . . .	—24	—26	—21	—29	—24	—26
Средняя ошибка } Erreurs moyennes } . . .	±0,7	0,0	±0,9	±0,9	±1,5	±0,4

Из данных этой таблицы получаем такие значения средних ошибок станционных значений поправок за сокачание:

Полтава I. . . $\pm 0,4 \cdot 10^{-7}$

ВИМС $\pm 0,6 \cdot 10^{-7}$

Полтава II. . . $\pm 0,8 \cdot 10^{-7}$

§ 18. Ход часов. Поправки часов 532 R* во время наблюдений в Полтаве I и II получились из приемов ритмических сигналов ст. Науэн. Вычисление ходов проведено так же, как и в предыдущих рядах наблюдений. Ниже приводятся показания часов 532 R* $\approx 0^h 3^m 27^s$ и $12^h 3^m 27^s$ всемирного времени.

Таблица XX. — Tableau XX.

Сличения часов 532 R* с сигналами Науэна.
Comparaisons de la pendule 532 R* avec les signaux de Nauen.

Дата Date	Показания часов 532 R* Heures de la pendule 532 R*	Сут. ход Marche diurne	Дата Date	Показания часов 532 R* Heures de la pendule 532 R*	Сут. ход Marche diurne
1920			1929		
V. 23,5	^h 23 ^m 39 ^s 22,59	^m -3 ^s 58,76	VI. 28,0	^h 7 ^m 59 ^s 34,27	^m -3 ^s 56,42
24,0	11 41 21,97	58,66	28,5	20 1 32,48	56,60
24,5	23 43 11,30	58,76	29,0	8 3 30,78	56,56
25,0	11 45 20,68	58,60	29,5	20 5 29,06	56,58
25,5	23 47 19,98	58,80	30,0	8 7 27,35	56,46
26,0	11 49 19,38		30,5	20 9 25,58	

Средняя ошибка полусуточного хода часов получилась равной:

Полтава I. . . $\pm 0,02$

Полтава II. . . $\pm 0,01$

Откуда для Полтавы средней: $\pm 0,01$.

Ход часов 532 R* за время работ их в ВИМС вычислен по материалам ВИМС из их сравнения на хронографе с нормальными часами 67 R*. В следующей таблице приводятся поправки часов 532 R* относительно 67 R* в соответствующие моменты по 67*, ход часов 67* для соответствующего момента, а также суточный ход часов 532 R* за средние сутки относительно среднего времени.

Таблица XXI.—Tableau XXI.
Сличения часов 532 R* и 67 R*
Comparaisons des pendules 532 R* et 67 R*

Дата Date	Показания часов 67 R* Heures de la pen- dule 67 R*	67 R* — 532 R*	Ход 67 R* Marché diurne	Ход 532 R* Marche diurne
1929				
VI. 6	^h 17 ^m 18 ^s 59	+ 48,163	+ 0,281	- 4 ^m 33,52
	23 28 59	+ 38,646		
	10 46 59	+ 21,218	284	33,40
7	17 27 59	+ 10,908		
	0 45 57	- 0,370	280	33,47
	6 18 59	- 8,946		
	11 29 59	- 16,954	276	33,49
8	17 21 59	- 26,024		

Средняя ошибка определения суточного хода часов 532 R* для ВИМС принята равной $\pm 0^s,01$.

§ 19. Результаты наблюдений. В следующих таблицах XXII, XXIII и XXIV, составленных по образцам приведенных ранее таблиц такого рода, даны результаты наблюдений и соответствующие характеризующие их данные.

Таблица XXII.—Tableau XXII.
Наблюдения маятников.—Observations des pendules.

Дата Date	M	T	C	a'	r°	Δt	B	f	S
Полтава I.—Poltava I.									
V. 23	1	^h 6 ^m 37	183,93	14,3	11,96	+ 0,05	749,8	10,3	0,5012286
	2	7 59	173,74	15,4	12,01	+ 8	749,6		3086
	3	9 21	170,20	15,4	06	+ 4	749,6		3382
24	4	10 41	167,64	15,2	08	0	749,6	10,3	3605
	1	17 39	183,84	15,6	02	0	749,4		2292
	2	18 55	173,71	15,4	03	+ 3	749,5		3091
	3	21 16	170,20	15,6	08	+ 1	749,4		3384
	4	22 29	167,65	15,0	08	0	749,2	10,5	3611
25	1	18 50	183,76	14,7	06	+ 2	752,7	10,2	2300
	2	20 5	173,64	15,0	08	+ 2	752,8		3096
	3	21 27	170,18	14,7	10	+ 3	752,8		3388
	4	22 43	167,45	15,2	14	+ 4	752,8	10,4	3626
	1	6 7	183,74	15,0	08	0	752,7		2287
	2	7 28	173,60	14,7	10	+ 2	753,0		3087
	3	8 48	170,16	14,7	12	+ 3	753,2		3377
25/26	4	9 59	167,45	15,9	16	+ 4	753,6	10,4	3611

Дата Date	M	T	C	a'	ρ	Δt	B	f	S	
ВИМС—I. M. S.										
VI. 6	1	18 24	184, 96	16,3	17, 89	0,00	745,1	14,7	0,5009940	
	2	20 15	174, 62	16,8	88	- 4	745,1		10744	
	3	21 29	171, 25	17,3	84	- 5	745,1		11021	
	4	22 42	168, 68	17,8	80	- 4	745,1	13,8	11245	
7	1	11 37	185, 11	17,3	54	+ 1	749,7	14,6	09941	
	2	13 43	174, 66	17,0	56	+ 1	750,9		10752	
	3	14 59	171, 29	15,7	57	0	751,5		11027	
	4	16 14	168, 68	17,0	58	+ 2	752,0	12,8	11253	
	1	1 37	184, 99	17,8	53	+ 2	754,7	12,6	09942	
	2	2 54	174, 65	17,0	54	+ 1	754,9		10747	
	3	4 6	171, 30	16,0	54	+ 2	754,9		11022	
	4	5 34	168, 57	16,3	56	0	754,8	13,4	11258	
	1	12 39	185, 02	17,5	50	0	753,1	14,0	09943	
	2	13 54	174, 62	17,8	51	+ 1	753,0		10751	
	3	15 8	171, 32	16,5	52	+ 2	752,5		11021	
	4	16 22	168, 65	17,3	54	0	752,0	13,7	11252	
Полтава II—Poltava II.										
VI. 28	1	14 32	184, 12	14,3	14, 44	+ 0,01	743,8	12,2	0,5012299	
	2	15 47	173, 90	14,7	45	0	743,2		3101	
	3	17 1	170, 47	15,9	46	+ 3	742,8		3390	
	4	18 13	167, 86	14,7	48	0	742,4	12,1	3618	
29	1	0 40	184, 04	15,4	47	0	744,0		2291	
	2	1 57	173, 87	14,3	48	+ 1	744,4		3090	
	3	3 32	170, 48	12,9	48	0	744,9		3377	
	4	4 41	167, 84	15,2	49	+ 2	745,1	11,9	3607	
	1	0 43	184, 06	14,7	48	0	745,8		2290	
	2	1 59	173, 78	15,4	48	0	745,8		3098	
	3	3 10	170, 30	15,6	49	+ 1	745,8		3390	
	4	4 59	167, 69	16,8	50	0	745,8	11,9	3618	
	30	1	15 6	184, 16	15,9	36	0	745,4		2294
		2	16 28	173, 84	15,4	39	+ 6	745,6		3106
		3	18 1	170, 35	16,3	45	+ 2	745,4		3396
		4	19 11	167, 75	16,6	47	+ 2	745,3	12,2	3622

Таблица XXIII.—Tableau XXIII.

Сопоставление периодов колебания по маятникам.
Comparaisons des périodes des oscillations suivant des pendules.

1	v	2	v	3	v	4	v	Средний Moyen	V
---	---	---	---	---	---	---	---	------------------	---

Полтава I—Poltava I.

^s 0,5012286	- 5	^s 0,5013086	- 4	^s 0,5013382	- 1	^s 0,5013605	- 8	^s 0,5013090	- 4
2292	+ 1	3091	+ 1	3384	+ 1	3611	- 2	3094	0
2300	+ 9	3096	+ 6	3388	+ 5	3626	+ 13	3102	+ 8
2287	- 4	3087	- 3	3377	- 6	3611	- 2	3090	- 4
[v]	123		62		63		241		96
Среднее Moyennes	2291	3090	3383	3613	3094				

1	ν	2	ν	3	ν	4	ν	Средний Мойеиъ	V
ВИМС—I. M. S.									
0,5009940	-2	0,5010744	-4	0,5011021	-2	0,5011245	-7	0,5010738	-3
9941	-1	0752	+4	1027	+4	1253	+1	0743	+2
9942	0	0747	-1	1022	-1	1258	+6	0742	+1
9943	+1	0751	+3	1021	-2	1252	0	0742	+1
[ν]	6		42		25		86		15
Среднее } Мойеиъ } 9942		0748		1023		1252		0741	
Полтава II.—Poltava II.									
0,5012299	+5	0,5013101	+2	0,5013390	+2	0,5013618	+2	0,5013102	+3
2291	-3	3090	-9	3377	-11	3607	-9	3091	-8
2290	-4	3098	-1	3390	+2	3618	+2	3099	0
2294	0	3106	+7	3396	+8	3622	+6	3104	+5
[ν]	50		135		193		125		98
Среднее } Мойеиъ } 2294		3099		3388		3616		3099	

Таблица XXIV.—Tableau XXIV.

Средние ошибки одного определения и стационарного среднего.
Erreurs moyennes d'une détermination du S et de la moyenne pour une station.

Пункт Station	Средняя ошибка отдельного наблюдения Erreur moyenne d'une détermination					Средняя ошибка стационарного наблюдения Erreur moyenne pour chaque station				
	1	2	3	4	Средний Мойеиъ	1	2	3	4	Средний Мойеиъ
	Полтава I } Poltava I } ВИМС—L.M.S. Полтава II } Poltava II }	± 6,4	± 4,5	± 4,6	± 9,0	± 5,7	± 3,2	± 2,3	± 2,3	± 4,5
	1,4	3,7	2,9	5,4	2,2	0,7	1,9	1,4	2,7	1,1
	4,1	6,7	8,0	6,5	5,7	2,0	3,4	4,0	3,2	2,9

Средние ошибки одного определения периода колебания индивидуальных и средних маятников (формулы (5)) суть:

$$m' = \sqrt{\frac{1151}{36}} = 5,7 \text{ и } m'' = \sqrt{\frac{209}{9}} = 4,8,$$

откуда для систематической части имеем уравнения:

$$\begin{cases} \mu^2 + k^2 = 31,97 & \mu = \pm 3,4 \cdot 10^{-7} \\ \mu^2 + k^2 = 23,22 & \text{и } k = \pm 4,5 \cdot 10^{-7} \end{cases}$$

Таким образом, в наблюдаемых периодах есть некоторая ошибка, правда незначительная, систематического характера.

§ 20. Изменяемость маятников. Прежде всего сопоставим периоды колебаний до экспедиции и после нее:

Маятник:	1	2	3	4	Средний:
Полтава I:	0°5012291	0°5013090	0°5013383	0°5013613	0°5013094
Полтава II:	2294	3099	3388	3016	3099
Разность:	+3	+9	+5	+3	+5

Полученные разности указывают на то, что периоды маятников изменились все в одну сторону, правда, незначительно.

Для вычисления средней ошибки за изменяемость маятников пользуемся опять формулой (8) и составим, по известному уже образцу, таблицу XXV, „маятник — средний“.

Таблица XXV. — Tableau XXV.

Сравнение индивидуальных маятников со средним M .
Comparaisons des pendules séparés avec le pendule moyen M .

Пункт Station	1— M	v	2— M	v	3— M	v	4— M	v
Полтава I	-804	-1	-4	0	+292	+3	+515	-4
Poltava I	-802	+1	-3	+1	+290	+1	+517	-2
	-802	+1	-6	-2	+286	-3	+524	+5
	-803	0	-3	+1	+287	-2	+521	+2
[vv]		3		6		23		49
Среднее } Moyennes }	-803		-4		+289		+519	
ВИМС	-798	+2	+6	-1	+283	+1	+507	-4
I. M. S.	-802	-2	+9	+2	+284	+2	+510	-1
	-800	0	+5	-2	+280	-2	+516	+5
	-799	+1	+9	+2	+279	-3	+510	-1
[vv]		9		13		18		43
Среднее } Moyennes }	-800		+7		+282		+511	
Полтава II	-803	+3	-1	-1	+288	-1	+516	-1
Poltava II	-800	+6	-1	-1	+286	-3	+516	-1
	-809	-3	-1	-1	+291	+2	+519	+2
	-810	-4	+2	+2	+292	+3	+518	+1
[vv]		70		7		23		7
Среднее } Moyennes }	-806		0		+289		+517	

Вычислим теперь среднюю ошибку в наблюдаемом периоде, свободную от систематической ошибки. Подставляя соответствующие числа в формулу (7), получаем $\mu^2 = \frac{271}{27} = 10,04$ и $\mu = \pm 3,2 \cdot 10^{-7}$, что достаточно хорошо согласуется со значением μ , полученным выше.

Теперь составим сводную таблицу XXVI по типу предыдущих таблиц этого же рода.

Таблица XXVI.—Tableau XXVI.

Сопоставление индивидуальных маятников и среднего по пунктам
Comparaisons des pendules séparés et moyen M suivant les stations

Пункт Station	Число наблюд. n Nombre des obser.	$\frac{1}{n}$	1— M	2— M	3— M	4— M	v_1	v_2	v_3	v_4	[vv]
Полтава I Poltava I	4	0,25	-803	-4	+289	+519	0	-5	+2	+3	38
ВИМС—I.M.S.											
Полтава II Poltava II	4	0,25	-806	0	+289	+517	-3	+1	+2	+1	15
Суммы Sommes											
Средние Moyennes	12	0,75					(18)	(62)	(33)	(35)	148
			-803	+1	+287	+516					

Теперь, подставляя соответствующие числа в формулу (8), получаем:

$$148 = 2 \cdot 10,04 \cdot 0,75 + 6\rho^2 \quad \rho^2 = 22,16 \text{ и}$$

$$\rho = 4,71 \cdot 10^{-7}, \text{ откуда } \rho_0 = \pm 1,4 \cdot 10^{-7}$$

§ 21. Точность полученных результатов. Сопоставляем средние ошибки, влияющие на $S_0 - S$.

1) Средняя ошибка в наблюдаемой продолжительности качания маятников имеет такие значения:

$$\text{Полтава средняя} \dots \pm 2^{\circ},0 \cdot 10^{-7}$$

$$\text{ВИМС} \dots \pm 1,1 \cdot 10^{-7}$$

2) средняя ошибка в поправке за ход часов:

$$\text{Полтава средняя} \dots \pm 1^{\circ},2 \cdot 10^{-7}$$

$$\text{ВИМС} \dots \pm 0,6 \cdot 10^{-7}$$

3) средняя ошибка в определении поправки за сокачание:

$$\text{Полтава средняя} \dots \pm 0^{\circ},4 \cdot 10^{-7}$$

$$\text{ВИМС} \dots \pm 0,6 \cdot 10^{-7}$$

4) средняя ошибка за изменение длины маятников:
 $\rho_0 = \pm 2,4 \cdot 10^{-7}$, откуда ее влияние на $S^0 - S$ есть $\pm 2,9 \cdot 10^{-7}$

5) средняя ошибка, зависящая от неточности определения коэффициентов. Для ее получения сопоставим средние температуры и плотности воздуха.

	ρ	D
Полтава I	12,07	0,94
Полтава II	14,46	0,93
Полтава средняя.	13,26	0,93,
ВИМС	17,62	0,92
Разность	4,36	+ 0,02

Отсюда средние ошибки разности $S_0 - S$, зависящие от неточности коэффициентов, таковы:

$$\begin{aligned} \text{от температурного:} & \pm 0,2 \cdot 10^{-7} \\ \text{„ барометрического:} & 0,0 \cdot 10^{-7} \end{aligned}$$

Таким образом, средняя ошибка разности ($S_0 - S$) представится так:

$$E_{(S_0 - S)} = \sqrt{(1,1)^2 + (2,0)^2 + (1,2)^2 + (0,6)^2 + (0,4)^2 + (0,6)^2 + (2,9)^2 + (0,2)^2} \cdot 10^{-7} = \pm 4,0 \cdot 10^{-7}$$

ГЛАВА IV.

ИССЛЕДОВАНИЕ МАЯТНИКОВ ШТЕРНЕКА.

§ 22. Определение температурного коэффициента маятников. Объектами исследования, выполненного с 9 марта по 9 апреля 1930 г., были шесть маятников Штернека за №№ 84, 85, 109, 131, 132, 133. Температура менялась в пределах от $+9^\circ$ до $+31^\circ$ С. Нагревание погреба, в котором велись наблюдения, производилось с помощью печи-обогревателя, а охлаждение — путем открывания окон и дверей.

Температура внешнего воздуха стояла довольно высоко и мало благоприятствовала задаче охлаждения помещения. В связи с этим температурное исследование маятников было проведено по сокращенной программе, и полученные значения температурных коэффициентов нужно считать только предварительными и приближенными.

Температура маятников как во время наблюдений по определению коэффициентов, так и во время работ проф. А. Я. Орлова по определению ускорения силы тяжести с этими маятниками, отчитывалась с помощью двух магазинных термометров №№ 130 и 133 фирмы Carl Woytacek. Шкалы термометров разделены на сантиметры и миллиметры. Для перевода показаний термом-

метров из сантиметров в градусы служили следующие формулы, полученные из имевшихся при термометрах свидетельств:

$$\begin{array}{l} \text{для термометра № 130:} \\ \text{„ „ „ № 133:} \end{array} \quad \left. \begin{array}{l} t^{\circ} = 1^{\circ},51 + 2^{\circ},49 (k - 5) \\ t^{\circ} = 2^{\circ},72 + 2^{\circ},68 (k - 5) \end{array} \right\} \quad (9)$$

где k — отчеты в сантиметрах.

Новейшее исследование этих термометров, произведенное в термометрической лаборатории ВИМС в мае 1930 г., показало, что в термометрах произошло изменение, благодаря которому их отчеты не удовлетворяют формулам (9) и должны быть исправлены соответствующей поправкой. В следующей таблице XXVII сопоставлены для каждого из 2 термометров: 1) отчеты термометров в сантиметрах, 2) соответствующие этим отчетам температуры в градусах стоградусной шкалы, отмеченные образцовыми приборами ВИМС, 3) переводы отчетов из сантиметров в градусы по формулам (9) и 4) поправки термометров.

Таблица XXVII. — Tableau XXVII.

Поправки термометров маятникового прибора Штернека.

Corrections des thermomètres de l'appareil Sterneek.

Термометр—Thermomètre № 6482 (130)				Термометр—Thermomètre № 6483 (133)			
Отчет в см Lecture en cm	t° набл. observée	t° вычисл. calculée	Поправка Correction	Отчет в см Lecture en cm	t° набл. observée	t° вычисл. calculée	Поправка Correction
4,72	0,46	0,81	-0,35	4,80	2,17	2,18	-0,06
5,35	2,12	2,38	- 26	5,94	5,30	5,24	+ 06
6,59	5,30	5,47	- 17	7,80	10,07	10,22	- 15
8,49	10,07	10,20	- 13	9,62	14,96	15,10	- 14
10,51	14,96	15,22	- 26	11,50	20,00	20,14	- 14
12,62	20,00	20,48	- 48	13,38	25,07	25,18	- 11
14,65	25,07	25,54	- 47	15,16	29,88	29,95	- 07
16,60	29,88	30,39	- 51	17,06	35,16	35,04	+ 12
18,70	35,16	35,62	- 46	18,78	39,86		

Наблюдение качаний маятников велось с помощью звездных контактных часов 533 R*, помещающихся в лаборатории Полтавской Гравиметрической Обсерватории. Маятниковый контакт часов через релэ был соединен со счетчиком, а колесный — с релэ-хлопушкой. В погребе работали одновременно счетчик и хлопушка. Хлопушка умолкала в 0° каждой минуты и тем давала

начало минуты, счетчик давал счет секунд, а номер минуты давали звездные карманные часы Ω , поправка которых относительно 533 R* была близка к нулю.

Качания маятников производились на стенном штативе, подвешенном на трех болтах, зацементированных в кирпичную стену подвала; сам штатив был накрыт деревянным колпаком.

Работа производилась от дневного приема ритмических сигналов ст. Науэн до ночного. В этом промежутке качались 3 различных маятника. Из всей совокупности наблюдений получены следующие значения температурных коэффициентов с соответствующими значениями их средних ошибок:

Маятник №:	84	85	109	131	132	133
Температур. коэф.:	-47,3	-48,4	-48,7	-50,1	-49,9	-49,7
Ср. ошибка:	$\pm 0,7_1$	$\pm 0,3_2$	$\pm 0,4_6$	$\pm 0,5_2$	$\pm 0,3_1$	$\pm 0,0_2$

Откуда средние значения температурного коэффициента	
для 3 маятников № № 84, 85, 109:	$-48,1 \pm 0,3_0$
" 3 " № № 131, 132, 133:	$-49,9 \pm 0,2_1$
" всех 6 маятников:	$-49,0 \pm 0,1_8$

Все значения коэффициентов и их средних ошибок даны в единицах седьмого десятичного знака. Полученные значения коэффициентов, как уже упоминалось, мы считаем только предварительными. Работа по их определению должна быть повторена зимой при более благоприятных условиях. Однако, точность, с которой эти коэффициенты определены, вполне достаточна для обработки наблюдений по связи Полтавы с ВИМС. В самом деле, найдем среднюю ошибку разности $S_0 - S$, зависящую от точности определения температурного коэффициента. Для этого составим средние температуры для всех трех пунктов и возьмем разность температур для Полтавы средней и ВИМС, имеем:

	t°
Полтава I	12,98
Полтава II	17,57
Полтава средняя	15,28
ВИМС	17,48
Разность	-2,20

Отсюда средняя ошибка разности $S_0 - S$, зависящая от неточности температурного коэффициента не выше $\pm 0^{\circ},2 \cdot 2,2 \cdot 10^{-7} = \pm 0^{\circ},4 \cdot 10^{-7}$. Отсюда видно, что точность определения этого коэффициента вполне достаточна, так как влияние его ошибки не достигает даже целой единицы седьмого десятичного знака.

§ 23. Барометрический коэффициент. Влияние плотности воздуха на периоды колебаний маятников исследовалось после температурных изысканий в период времени с 12 апреля по 11 мая 1930 г. Для исследования служил прекрасный прибор,

изготовленный в мастерской Одесской Астрономической Обсерватории механиками Н. О. Тимченко и П. И. Гайдуковым, по указаниям проф. А. Я. Орлова. Прибор состоит из массивной тарелки с укрепленным на ней штативом¹ и медного колпака.

Поверхности края колпака и края тарелки, соприкасающиеся друг с другом, гладко отшлифованы и пригнаны друг к другу. Если соприкасающиеся плоскости тарелки и колпака достаточно хорошо смазать вазелином, то прибор совершенно не пропускает воздуха. Колпак снабжен двумя сальниками, из которых один служит для приведения в действие винта, поднимающего маятник и опускающего его на ножи, а другой — для винта, задающего амплитуду маятнику. Сальники проходят сквозь толщу колпака и выходят наружу и, таким образом, оба винта могут быть приведены в действие, когда тарелка со штативом покрыта колпаком. Последнее обстоятельство имеет важное значение в том смысле, что все исследование данного маятника может быть проведено без снятия колпака и без прикосновения к маятникам наблюдателя.

Колпак снабжен двумя кранами, из которых один соединяется с насосом, а другой — с манометром. Воздух из колпака выкачивался с помощью ручного насоса, а давление измерялось с помощью ртутного манометра в форме U-образной трубки.

Программа работ по исследованию влияния плотности воздуха на период колебания маятников была такая. Исследование каждого маятника производилось отдельно от других и продолжалось 4 дня: первый и третий день маятник качался при давлении окружающего воздуха, а второй и четвертый — при пониженном давлении. В каждый из этих дней маятник качался шесть раз между двумя приемами ритмических сигналов ст. Науэн.

В следующей таблице XXVIII представлены результаты наблюдений, а именно: плотность воздуха D и соответствующие ей периоды S колебаний маятников, исправленные всеми поправками, кроме поправки за плотность воздуха, затем разности „большая плотность — малая“ и соответствующая этим разностям разность периодов колебаний маятников.

Таблица XXVIII. — Tableau XXVIII.

Сводка наблюдений по определению барометрического коэффициента.
Sommaire des observations.

	84		85		109	
	D	S	D	S	D	S
I	0,938	0,5084010	0,934	0,5082566	0,944	0,5068508
II	394	3686	376	2240	371	8166
III	942	4008	936	2560	943	8502

¹ Описание столового штатива см. Сергиевский „Маятники Штерника и некоторые опыты с ними, произведенные в Пулкове в 1898 г.“

	84		85		109	
	D	S	D	S	D	S
IV	407	3696	375	2237	386	8175
I—II	0,544	324	0,558	326	0,573	342
III—IV	535	312	561	323	557	327

	131		132		133	
	D	S	D	S	D	S
I	0,944	^s 0,5072531	0,936	^s 0,5079780	0,940	^s 0,5071648
II	345	2186	534	9439	344	1308
III	940	2530	938	9778	941	1652
IV	370	2205	352	9435	347	1313
I—II	0,599	345	0,582	341	0,596	340
III—IV	570	325	586	343	594	339

Из данных этой таблицы мы простым делением получаем следующие 12 значений барометрического коэффициента для наших шести маятников.

Таблица XXIX.—Tableau XXIX.

Барометрические коэффициенты маятников Штернека.
Coefficients barométriques des pendules de Sterneck.

Маятник № Pendule	84	85	109	131	132	133
Барометрический коэффициент	596	584	596	576	586	571
Coefficient barométrique	583	576	587	570	585	571

Отсюда среднее значение барометрического коэффициента этих маятников есть:¹

$$(-582^s \pm 3^s) \cdot 10^{-7}$$

ГЛАВА V.

НАБЛЮДЕНИЯ С ПРИБОРАМИ ШТЕРНЕКА ЛЕТОМ
1929 ГОДА.

§ 24. Цель работ с прибором Штернека. В настоящей главе излагаются результаты наблюдений, произведенных проф. А. Я. Орловым на приборе Штернека с шестью маятниками за №№ 84, 85, 109, 131, 132 и 133. Качание маятников производилось на

¹ Прим. ред. В гравиметрической практике, в целях удобства вычисления, укоренился обычай давать как барометрическому, так и температурному коэффициентам такой знак, при котором непосредственные умножения соответственно на плотность воздуха и температуру дают прямо поправки к периодам, для отнесения их к нормальным условиям: безвоздушному пространству (пустоте) но.

стенном штативе. В качестве основной цели этой работы проф. А. Я. Орлов наметил произвести сравнение результатов, получаемых при помощи двух различных приборов: стенного Штернека и столбового Штюкрата. Попутно оказалось возможным разрешить задачу о степени влияния сокачания на маятники, качающиеся на стенном штативе. Для этой цели во время работ в ВИМС было сделано специально две серии наблюдений: одна на плотно укрепленных зацементированных болтах, а другая — на скверно укрепленных шатающихся. О результатах опыта сообщается ниже.

§ 25. Инструменты. Определение периодов колебаний маятников по методу совпадений, как в ВИМС так и в Полтаве (оба раза) велось с помощью звездных контактных часов 532 R*, принадлежащих Полтавской Гравиметрической Обсерватории. Для наблюдения совпадений применялся счетчик обычного типа с одной нитью в поле зрения его трубы.

Для измерения температуры маятников служили два магазинных термометра № 130 и № 133, о которых речь была выше.

Давление воздуха отчитывалось по анероидам Naudet. Их номера следующие:

Полтава I	№ 770,	поправка его: + 1,7 mm
ВИМС	№ 1494, + 0,4 .
Полтава II	№ 17, - 0,6 .

Влажность воздуха определялась по психрометру Ассмана.

§ 26. Место качания и порядок наблюдений. В Полтаве (оба раза) маятники качались на стенном штативе, плотно укрепленном на трех болтах, зацементированных в кирпичную стену подвала.

В ВИМС во время первой серии работ штатив висел на восточной стене часового подвала № 3, напротив места установки нормальных часов 81 R*, а во время второй серии — на стене рядом с часами 81 R*¹. Место первой подвески обозначено на рис. 1 (стр. 6) прямоугольником С, а место второй — прямоугольником D.

Расстояние от объектива счетчика до зеркала маятника: для Полтавы 228 см, а ВИМС — 219 см. Как известно, штатив Штернека допускает подвеску только одного маятника зараз, так что когда качание одного маятника закончено, его снимают и заменяют другим.

Для того чтобы маятник принял условия окружающего его воздуха под колпаком, его качание в настоящей работе начиналось приблизительно через два часа после его подвески.

В Полтаве I было сделано две серии качаний маятников, причем в каждой из этих двух серий каждый из шести маятников качался по два раза.

¹ Прим. ред. В данный момент (июль 1933 г.) на этом месте старой установки часов 81 R* висят часы 86 R0.

ВИМС сделано также две серии наблюдений, причем в первой серии каждый маятник качался по три раза, а во второй—по два.

В Полтаве II—две серии; в первой каждый маятник качался по три раза, а во второй—по два.

Периоды маятников определялись из наблюдений их 60 совпадений.

Отчеты температур, давления воздуха и влажности—все это производилось в обычном порядке.

§ 27. Ход часов. Поправка часов 532 R* определялась во время работ в Полтаве из приемов ритмических сигналов ст. Науэн два раза в сутки. В следующей таблице даны показания часов 532 R* в моменты 0^h 3^m 27^s и 12^h 3^m 27^s всемирного времени соответственно, а также суточные ходы часов за средние сутки относительно среднего времени.

Таблица XXX.—Tableau XXX.

Сличение часов 532 R* с сигналами Науэна.

Comparaisons de la pendule 532 R* avec les signaux de Nauen.

Полтава I.—Poltava I			Полтава II.—Poltava II		
Дата Date	Показания часов 532 R* Heures de la pen- dule 532 R*	Суточный ход Marche diurne	Дата Date	Показания часов 532 R* Heures de la pen- dule 532 R*	Суточный ход Marche diurne
1929 V. 17,5	^h 23 ^m 15 ^s 30,54	- 3 ^m 58,54	1929 VII. 30,5	^h 19 ^m 54 ^s 52,53	- 3 ^m 47,90
18,0	11 17 29,81		31,0	7 56 46,48	
18,5	23 19 29,19	58,76	31,5	19 58 40,40	47,84
19,0	11 21 28,64	58,90	VIII. 1,0	7 0 34,33	47,86
19,5	23 23 28,02	58,76	1,5	19 2 28,28	47,90
20,0	11 25 27,32	58,60	2,0	7 4 22,29	48,02
20,5	23 27 26,69	58,74	3,0	7 8 10,30	48,01 ¹

Средняя ошибка полусуточного хода часов получилась следующая:

Полтава I: ± 0^s,03Полтава II: ± 0^s,02

¹ Ввиду неудавшегося приема сигналов 2. VIII днем, в этом случае взят суточный ход непосредственно.

Ход часов 532 R* во время работ в ВИМС получался из сравнения этих часов на хронографе с нормальными часами ВИМС 67 R*.

В следующей таблице даны поправки часов 532 R* в соответствующие моменты по 67 R*, ход часов 67 R*, соответствующий данному моменту и ход звездных часов 532 R* за средние сутки относительно среднего времени, принятый для данной группы маятников.

Таблица XXXI. — Tableau XXXI.
Сличения часов 532 R* и 67 R*
Comparaisons des pendules 532 R* et 67 R*

Дата Date	Показания часов 67 R* Heures de la pen- dule 67 R*	67 R* — 532 R*	Ход часов 67 R* Marche diurne	Ход часов 532 R* Marche diurne
1929 VI. 8	^h 16 ^m 42 ^s 59	— 2,184	+ 0,282	— 4 ^m 33,57
9	4 9 59	— 19,926	+ 0,280	33,58
9	14 59 59	— 36,712	+ 0,278	33,64
10	4 16 59	— 57,334	—	—
10	1 11 59	— 29,752	+ 0,268	33,60
11	8 10 59	— 40,578	—	—
11	12 41 59	— 47,583	+ 0,260	33,60
12	19 35 59	— 58,276	+ 0,260	33,62
12	2 13 59	— 68,562		

Средняя ошибка определения суточного хода часов принята, как и в предыдущих работах, равной $\pm 0^s,01$.

§ 28. Результаты наблюдений. Периоды маятников редуцированы с^с следующими значениями коэффициентов:

1) Температурный коэффициент:

для маятников № № 84, 85, 109: $-48,1 \cdot 10^{-7}$

" " " " " 131, 132, 133: $-49,9 \cdot 10^{-7}$

2) барометрический коэффициент для всех шести маятников:
 $-582 \cdot 10^{-7}$.

В следующей таблице XXXII представлены результаты наблюдения качаний маятников. Обозначения в заголовках таблицы те же, что и раньше (стр. 10).

Таблица XXXII.—Tableau XXXII.
Наблюдения маятников.—Observations des pendules.

Дата	M	T	C	a'	r	Δt	B	f	S
Полтава I—Poltava I.									
1929									
V. 17	8 4	0 47	30, 2012	14,0	13, 72	- 0,04	744,3	11,0	0,5082851
	84	1 28	2025	14,7	70	- 2	744,1		2847
	85	4 41	6966	13,8	54	0	744,3		1479
	85	5 21	6965	13,3	55	0	744,5		1478
	109	8 12	36, 8842	14,2	57	- 7	744,3		67398
	109	9 0	8875	14,5	52	- 4	744,1	10,9	7393
18	131	17 49	34, 8822	14,9	05	0	744,3		71384
	131	19 5	8750	15,4	06	+ 2	744,3		1400
	132	22 39	31, 7565	14,5	00	+ 1	743,3	10,7	8659
	132	23 44	7593	14,9	06	- 1	742,9		8641
	133	4 48	35, 2960	14,5	12, 89	+ 2	743,1		0520
	133	5 36	2964	14,9	91	+ 3	743,2		0520
	85	8 89	30, 7040	14,9	90	0	743,9		81466
18/19	85	9 19	7047	15,4	90	0	744,1	10,6	1464
	109	16 59	36, 9100	13,8	66	+ 3	746,5		67376
	109	17 48	9053	13,6	69	+ 3	746,8		7383
	131	20 58	34, 8832	14,5	70	0	747,3		71397
	131	21 44	8833	14,7	72	+ 4	747,4	10,4	1396
	132	5 11	31, 7670	14,9	58	+ 4	747,6		8657
	132	5 52	7672	14,9	60	+ 1	747,7		8656
	133	8 44	35, 3000	13,6	60	0	747,7		0540
19/20	133	9 29	3013	13,6	60	+ 1	747,9	10,4	0537
	84	17 20	30, 2213	14,0	44	+ 2	747,9		82839
	84	18 0	2198	14,5	46	+ 2	747,9		2842
ВИМС.— M. S.									
VI. 8/9	84	17 27.	30, 2373	18,6	17, 37	+ 0,06	750,8	13,4	0,5080518
	84	18 9	2370	18,8	44	+ 4	751,0		0515
	84	18 49	2372	19,0	46	0	751,0		0514
	85	2 3	7390	18,8	39	0	752,8		79122
	85	2 44	7416	18,8	40	+ 2	752,8		9114
	85	3 24	7408	18,8	41	+ 2	752,8	14,2	9115
	109	5 48	36, 9640	16,0	48	+ 2	753,3		65004
	109	6 35	9658	16,7	49	0	753,4		4999
	109	7 22	9650	16,4	47	- 1	753,6		5003
	131	12 46	34, 9405	17,4	39	0	753,6		9005
	131	13 31	9410	17,2	40	+ 1	753,5		9004
	131	14 15	9400	17,2	42	+ 1	753,4	13,7	9005
	132	16 46	31, 8075	18,1	45	0	752,9		76263

Таблица XXXII (окончание). — Таблица XXXII (fin).

Дата	M	T	C	α'	t°	Δt	B	f	S	
VI. 9/10	132	17 27	31,8087	17,9	17,45	+ 0,02	752,8		0,5076260	
	132	18 9	8085	17,4	46	0	752,6		6261	
	133	1 57	35,3577	18,1	38	+	2 750,6		68134	
	133	2 43	3573	17,6	40	+	2 750,6		8134	
	133	4 33	3560	17,4	42	+	2 750,8	13,7	8136	
	11	84	1 50	30,2312	17,4	51	+	2 756,8	13,8	80525
		84	2 31	2317	17,2	53	+	2 757,0		0521
		85	4 18	7362	17,6	59	-	2 757,1		79115
		85	4 59	7357	17,2	58	-	1 757,2		9118
		109	6 44	36,9603	15,7	61	-	3 757,4		65001
		109	7 34	9598	16,0	59	0	757,4		5002
		131	13 23	34,9372	16,9	50	+	2 758,0		9002
		131	14 8	9355	16,9	52	+	1 758,2		9004
		132	15 54	31,8005	17,2	58	-	2 758,6		76273
		132	16 37	8047	17,2	55	0	758,8		6263
	133	18 22	35,3460	16,4	57	-	4 759,1		8148	
	133	19 7	3510	16,7	55	-	1 759,3		8136	
	133	1 48	3510	16,9	43	+	2 761,2	13,7	8134	
	Полтава II—Poltava II.									
	VII. 30	84	0 3	30,3340	14,9	17,79	0,00	745,0	14,3	0,5082911
84		0 42	3358	15,8	81	+	3 745,0		2905	
84		1 22	3347	15,8	85	+	3 745,2		2906	
85		4 23	8403	14,9	81	+	4 745,8		1512	
85		5 3	8418	14,9	83	0	745,9		1506	
85		5 43	8418	14,9	83	0	746,0	14,3	1502	
31		109	14 13	37,1208	14,0	61	+	3 746,6		67394
		109	15 0	1208	14,2	63	+	1 746,6		7393
		109	15 47	1188	14,2	63	+	1 746,6		7397
		131	18 44	35,0767	14,7	65	0	746,3		71396
	131	19 31	0753	15,1	65	0	746,0		1399	
	131	20 24	0752	16,0	67	+	1 746,7	14,4	1395	
	132	1 4	31,9238	15,1	57	+	2 745,2		8653	
	132	1 47	9240	14,9	60	+	6 745,4		8650	
	132	2 33	9232	14,7	63	0	745,8		8650	
	133	5 55	35,4950	15,6	63	0	746,1		0529	
VIII. 1	133	6 39	4980	15,8	63	0	746,0		0523	
	133	7 24	4967	15,8	62	0	746,0	14,3	0527	
	84	14 34	30,3307	17,6	42	0	747,1		82933	
	84	15 12	3352	17,9	44	+	4 747,1		2919	
	85	18 36	8462	14,2	54	0	747,4		1507	
	85	19 16	8452	14,0	54	-	2 747,2	14,5	1510	
	109	0 9	37,1202	13,3	42	+	2 747,1		67393	
	109	0 57	1218	14,0	44	+	2 747,2		7389	
	131	5 20	35,0797	14,5	40	+	1 747,9		71390	
	131	6 4	0812	14,0	40	0	748,0	14,2	1386	
2	132	14 49	31,9312	14,9	23	0	749,6		8639	
	132	15 31	9308	15,4	24	+	4 749,7		8639	
	133	19 12	35,5017	14,5	32	+	1 749,6		0520	
	133	20 1	5028	14,2	34	+	5 749,5	14,3	0518	
	133	2 48	5048	14,9	20	+	4 749,5		0520	
	133	6 31	5073	14,2	18	0	749,6	14,0	0517	

Таблица ХХХІІІ. — Таблеаи ХХХІІІ.
Сопоставление периодов колебания по маятникам.
Comparaisons des périodes des oscillations suivant les pendules.

Пункт Station	84	ν	85	ν	109	ν	131	ν	132	ν	133	ν	Средний Moyen	V
Полтава I Poltava I	0,5082851	+6	0,5081479	+7	0,5067398	+10	0,5071384	-10	0,5078619	+6	0,5070520	-9	0,5075382	+2
	2847	+2	1478	+6	7393	+5	1400	+6	8641	-12	0520	-9	5380	+0
	2839	-6	1466	-6	7376	-12	1397	+3	8657	+4	0540	+11	5379	-1
	2842	-3	1464	-8	7383	-5	1396	+2	8656	+3	0537	+8	5380	-0
[ν] Среднее Moyennes	85	185	1472	294	7388	149	1394	8559	205	0529	347	5380	5	
ВИМС I. M. S.	0,5080318	-1	0,5079122	+5	0,5065004	+2	0,5069005	+1	0,5076263	-1	0,5068134	-4	0,5073008	+1
	0515	-4	9114	-3	4999	-3	9004	0	6260	-4	8134	-4	3004	+3
	0514	-5	9115	-2	5003	+1	9005	+1	6261	-3	8135	-2	3006	-1
	0525	+6	9115	-2	5001	-1	9002	-2	6273	+9	8148	+10	3011	+4
	0521	+2	9118	+1	5002	-0	9004	0	6263	-1	8136	-2	3007	+0
[ν] Среднее Moyennes	82	43	9117	15	5002	6	9004	6264	108	8138	140	3007	27	
Полтава II Poltava II	0,5082911	-4	0,5081512	+4	0,5067394	+1	0,5071396	+3	0,5078053	+7	0,5070529	+7	0,5075399	+2
	2905	-10	1505	-2	7393	+4	1399	+6	8650	+4	0523	+1	5396	+1
	2906	-9	1505	-3	7397	+4	1395	+2	8650	+4	0527	+5	5397	0
	2933	+18	1507	-1	7398	0	1390	-3	8639	+7	0520	-2	5397	0
2919	+4	1510	+2	7389	-4	1386	-7	8639	-7	0518	-4	5394	-3	
[ν] Среднее Moyennes	537	34	1508	33	7393	107	1393	8646	179	0522	95	5397	14	

§ 29. Сопоставление результатов. В таблице XXXIII сопоставлены: периоды колебаний индивидуальных и среднего маятников, средние из них, отклонения от среднего и (w), причем для ВИМС взято среднее из периодов колебаний маятников двух ее серий, наблюдений (см. § 24). Для удобства вычислений везде взято одно и то же число маятников.

Для характеристики точности определения наблюдаемой продолжительности качания маятников, в таблице XXXIV сопоставлены средние ошибки одного определения как для отдельного маятника, так и для среднего, а также средние ошибки стационарного среднего по каждому маятнику и среднему.

Таблица XXXIV.—Tableau XXXIV.

Средние ошибки одного наблюдения и стационарного среднего.

Erreurs moyennes d'une détermination du S et de la moyenne pour une station.

Пункт Station	Средняя ошибка отдельного наблюдения Erreur moyenne d'une détermination						Средний Мойен
	84	85	109	131	132	133	
Полтава I Poltava I	± 5,3	± 7,9	± 9,9	± 7,0	± 8,3	± 10,8	± 1,3
ВИМС—I. M. S.	4,5	3,3	1,9	1,2	5,2	5,9	2,6
Полтава II Poltava II	11,6	2,9	2,9	5,2	6,7	4,9	1,9

Пункт Station	Средняя ошибка стационарного среднего Erreur moyenne pour chaque station						Средний Мойен
	84	85	109	131	132	133	
Полтава I Poltava I	± 2,7	± 3,9	± 5,0	± 3,5	± 4,1	± 5,4	± 0,6
ВИМС—I. M. S.	2,0	1,5	0,9	0,5	2,3	2,7	1,2
Полтава II Poltava II	5,2	1,3	1,3	2,3	3,0	2,2	0,8

§ 30. Исследование сокачания штатива. Наблюдения, для выяснения влияния сокачания стенного штатива на маятник, были произведены в ВИМС, как об этом уже упоминалось выше, 10 июня 1929 г. проф. А. Я. Орлов перевесил штатив на болты подле нормальных часов 81 R*. Болты эти скверно укреплены

и один из них, нижний, при натяжении гайки вытянулся вперед на 8 мм. На этих болтах и была произведена вторая серия наблюдений.

В следующей таблице представлены периоды качаний маятников для каждой серии отдельно, взяты средние из периодов по сериям и разности между периодами II и I серий.

Таблица XXXV. — Tableau XXXV.

Сопоставление наблюдений на различно укрепленных ственных штативах.
Comparaisons des observations exécutées sur les supports différemment fixés.

Серия Série	84	85	109	131	132	133
.....	0,508	0,507	0,506	0,506	0,507	0,508
.....	0518	9122	5004	9005	6263	8134
.....	0515	9114	4999	9004	6260	8134
.....	0514	9115	5003	9005	6261	8136
Среднее } Moyennes}	0516	9117	5002	9005	6261	8135
III	0,508	0,507	0,506	0,506	0,507	0,508
.....	0525	9115	5001	9002	6273	8148
.....	0521	9118	5002	9004	6263	8136
.....						8134
Среднее } Moyennes}	0523	9116	5002	9003	6268	8139
II-I	+7	-1	0	-2	+7	+4

Таблица XXV показывает, что средняя разность периодов колебаний маятников „II серия минус I серия“ составляет $+2,5 \cdot 10^{-7}$, т. е. периоды колебаний средних маятников согласуются между собой в пределах точности наблюдений. Отсюда мы можем заключить, что при описанных качаниях маятников на стенном штативе сокачание либо вовсе отсутствовало, либо, что то же самое, оставалось одинаковым для обеих серий.

§ 31. Изменение длины двух маятников. Вернемся снова к периодам колебаний наших маятников и сопоставим их для Полтавы I и II, получим:

Маятники №№:	84	85	109	131	132	133	Средний
Полтава I	2845	1472	7388	1394	8653	529	5380
Полтава II	2915	1508	7393	1393	8646	522	5397
Разность	+70	+36	+5	-1	-7	-7	+17

Изменение маятников №№ 84 и 85 далеко выходит за пределы изменений, объясняемых погрешностями наблюдений. Здесь мы имеем дело с большим реальным изменением. Выясним момент этого изменения. Для этого составим разности „Полтава I—ВИМС“ и „Полтава II—ВИМС“, получим:

Маятники №№:	84	85	109	131	132	133
Полтава I—ВИМС	[2326]	[2355]	2386	2390	2389	2392
Полтава II—ВИМС	2396	2391	2391	2389	2382	2385

Из этой таблички мы видим, что десять разностей, из общего их числа двенадцать, достаточно хорошо между собой сходятся. Первые две разности, характеризующие собой перевозку маятников №№ 84 и 85 из Полтавы в ВИМС, резко отскакивают от остальных. Это обстоятельство показывает, что изменение маятников №№ 84 и 85 произошло главным образом при переезде из Полтавы в ВИМС, в дальнейшем же, если маятники и менялись, то незначительно.

Далее, если мы составим разности периодов всех маятников по пунктам (см. таблица XXXVI) и сравним их между собою, то мы увидим, что все разности, зависящие от маятников №№ 84 и 85, обнаруживают резкий скачок, который составляет около 60×10^{-7} для маятника № 84 и около 35×10^{-7} — для маятника № 85, при переходе от Полтавы I к ВИМС, при переходе же от ВИМС к Полтаве II такого скачка не наблюдается. Что касается разностей периодов всех остальных маятников, кроме №№ 84 и 85, то они достаточно хорошо согласуются между собою при переходе от пункта к пункту. Таким образом, нужно признать, что изменение маятников №№ 84 и 85 произошло при переезде из Полтавы в ВИМС.

Таблица XXXVI.—Tableau XXXVI.

Исследование изменчивости маятников.

Analyse de la variabilité des pendules.

Пункт Station	84 минус—84 moins				85 минус—85 moins			
	109	131	132	133	109	131	132	133
Полтава I [®] Poltava I	15457	11451	4192	12316	14084	10078	2819	10943
ВИМС—I. M. S.	15517	11515	4255	12381	14115	10113	2853	10979
Полтава II Poltava II	15522	11522	4269	12393	14115	10115	2862	10986

Пункт Station	109 минус—109 moins			131 минус— 131 moins		132 минус 132 moins
	131	132	133	132	133	133
Полтава I Poltava I	-4006	-11265	-3141	-7259	865	8124
ВИМС—I. M. S.	-4002	-11262	-3136	-7260	866	8126
Полтава II Poltava II	-4000	-11253	-3129	-7253	871	8124

Считаясь с фактом изменения длины двух маятников, мы не можем принять те значения средних маятников, которые получены выше, так как средний маятник для Полтавы I не сравним с таковым для Полтавы II. В своих дальнейших выводах, пользуясь тем, что число маятников у нас больше обычного, мы просто исключим из рассмотрения маятники № 84 и 85 и образуем новый средний маятники из 4-х оставшихся №№ 109, 131, 132 и 133.

§ 32. Дальнейшие выводы. Итак, в наших дальнейших выводах фигурируют четыре маятника: №№ 109, 131, 132 и 133. В следующей таблице XXXVII сопоставлены периоды колебаний четырех индивидуальных маятников и нового среднего, даны средние из них, отклонения и $[vv]$ для этого нового среднего маятника, а в таблице XXXVIII даны для этого же маятника соответствующие средние ошибки отдельного наблюдения и стационарного значения ϵ и E .

Таблица XXXVII.—Tableau XXXVII

Новое сопоставление периодов колебания по маятникам.

Nouvelle comparaison des périodes des oscillations suivant les pendules.

Пункт Station	109	131	132	133	Средний Мойен	ν
Полтава I Poltava I	0,5067398	0,5071384	0,5078659	0,5070520	0,5071990	-1
	7393	1400	8641	0520	1988	-3
	7376	1397	8657	0540	1992	+1
	7383	1396	8656	0537	1993	-2
						15
[vv] Среднее Moyennes	7388	1394	8653	0529	1991	

Пункт Station	109	181	182	183	Средний Мюен	v
ВМС I. M. S.	0,5065004	0,5069005	0,5076263	0,5068134	0,5069602	0
	4999	9004	6260	8134	9599	-3
	5003	9005	6261	8136	9601	-1
	5001	9002	6273	8148	9606	+4
	5002	9004	6263	8136	9601	-1
[v] Среднее Мюеннес)	5002	9004	6264	8138	9602	27
Полтава II Poltava II	0,5067394	0,5071396	0,5078653	0,5070529	0,5071993	+4
	7393	1399	8650	0523	1991	+2
	7397	1395	8650	0527	1992	+3
	7393	1390	8639	0520	1986	-3
	7389	1386	8639	0518	1983	-6
[v] Среднее Мюеннес)	7393	1393	8646	0522	1989	74

Таблица XXXVIII. — Tableau XXXVIII.

Средние ошибки наблюдений с новым средним маятником.
Erreurs moyennes des observations avec le nouveau pendule moyen.

	Полтава I Poltava I	ВМС—I. M. S.	Полтава II Poltava II
ϵ	$\pm 2,2 \cdot 10^{-7}$	$\pm 2,6 \cdot 10^{-7}$	$\pm 4,3 \cdot 10^{-7}$
E	1,1	1,2	1,9

Теперь, пользуясь количествами [v] наших 4 маятников из таблицы XXXIII, вычислим среднюю ошибку (в единицах 10^{-7}) в наблюдаемом периоде из всей совокупности наблюдений по формулам (5):

$$m = \sqrt{\frac{1678}{44}} = \pm 6,52 \quad \text{и} \quad m' = \sqrt{\frac{116}{11}} = \pm 3,52.$$

Выделим систематическую часть ошибки от случайной:

$$\begin{aligned} \mu^2 + k^2 &= 38,14; & \mu &= \pm 6,51 \\ \frac{1}{4} \mu^2 + k^2 &= 10,55; & k &= \pm 1,2. \end{aligned}$$

Полученные значения ρ и k свидетельствуют о том, что заметной ошибки систематического характера в наблюдаемых периодах нет.

§ 33. Изменяемость маятников. Вычисление ошибки за изменение длины маятников мы произведем опять по формуле (8). В следующих двух таблицах XXXIX и XL, помещенных подряд, приводятся необходимые данные для ее вычисления.

Таблица XXXIX. — Tableau XXXIX.

Сравнение индивидуальных маятников с новым средним.
Comparaisons des pendules séparés avec le nouveau pendule moyen M.

Пункт Station	109—M'	ν	131—M'	ν	132—M'	ν	133—M'	ν
Полтава I } Poltava I }	— 4592	+11	— 606	—10	+ 6669	+ 7	— 1470	— 8
	— 4595	+ 8	— 588	+ 8	+ 6653	— 9	— 1468	— 6
	— 4616	—13	— 595	+ 1	+ 6665	+ 3	— 1452	+10
	— 4610	— 7	— 597	— 1	+ 6663	+ 1	— 1456	+ 6
		403		166		140		236
[$\nu\nu$] Среднее } Moyennes }	— 4603		— 596		+ 6662		— 1462	
ВИМС } I. M. S. }	— 4598	+ 2	— 597	+ 1	+ 6661	— 1	— 1468	— 4
	— 4600	0	— 595	+ 3	+ 6661	— 1	— 1465	— 1
	— 4598	+ 2	— 596	+ 2	+ 6660	— 2	— 1465	— 1
	— 4605	— 5	— 604	— 6	+ 6667	+ 5	— 1458	+ 6
	— 4599	+ 1	— 597	+ 1	+ 6662	0	— 1465	— 1
		34		51		31		55
[$\nu\nu$] Среднее } Moyennes }	— 4600		— 598		+ 6662		— 1464	
Полтава II } Poltava II }	— 4599	— 3	— 597	— 1	+ 6660	+ 3	— 1464	+ 2
	— 4598	— 2	— 592	+ 4	+ 6659	+ 2	— 1468	— 2
	— 4595	+ 1	— 597	— 1	+ 6658	+ 1	— 1465	+ 1
	— 4593	+ 3	— 596	0	+ 6653	— 4	— 1466	0
	— 4594	+ 2	— 597	— 1	+ 6656	— 1	— 1465	+ 1
		27		19		31		10
[$\nu\nu$] Среднее } Moyennes }	— 4596		— 596		+ 6657		— 1466	

Таблица XL. — Tableau XL.

Сопоставление индивидуальных маятников и среднего M' по пунктам.
Comparaisons des pendules séparés et moyen M' suivant les stations.

Пункт / Station	n	$\frac{1}{n}$	109— M'	131— M'	132— M'	133— M'	v_{109}	v_{131}	v_{132}	v_{133}	$[vv]$
Полтава I Poltava I	4	0,25	-4603	-596	+6662	-1462	-3	+1	+2	+2	18
ВИМС-I.M.S.	5	0,20	-4600	-598	+6662	-1464	0	-1	+2	0	5
Полтава II Poltava II	5	0,20	-4596	-596	+6657	-1466	+4	+1	-3	-2	30
Сумма Somme	14	0,65					(25)	(3)	(17)	(8)	53
Среднее Moyennes			-4600	-597	+6660	-1461					

Пользуясь данными этих таблиц, вычислим μ и ρ :

$$\mu^2 = \frac{\Sigma [vv]}{3([n] - r)} = \frac{1203}{33} = 36,45,$$

откуда:

$$\mu = \pm 6,03 \cdot 10^{-7},$$

что вполне согласно со значением μ , полученным выше. Далее:

$$53 = 2 \cdot 36,45 \cdot 0,65 + 6\rho^2,$$

откуда

$$\rho^2 = 0,94, \quad \rho = \pm 0,97 \cdot 10^{-7} \quad \text{и} \quad \rho^2 = \pm 0,5 \cdot 10^{-7}.$$

§ 34. Точность полученных результатов. Сопоставляем средние ошибки, влияющие на разность $S_0 - S$.

1) Средняя ошибка в наблюдаемой продолжительности качания, из данных таблицы XXXVIII:

$$\begin{aligned} \text{Полтава средняя} & \pm 1,51 \cdot 10^{-7} \\ \text{ВИМС} & \dots \dots \dots \pm 1,2 \cdot 10^{-7} \end{aligned}$$

2) Средняя ошибка в поправке периода за ход часов:

$$\begin{aligned} \text{Полтава средняя} & \pm 2,51 \cdot 10^{-7} \\ \text{ВИМС} & \dots \dots \dots \pm 0,6 \cdot 10^{-7} \end{aligned}$$

3) Средняя ошибка за изменение длины маятников:

$$\pm 0,5 \cdot \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot 10^{-7} = \pm 0,56 \cdot 10^{-7}.$$

4) Средняя ошибка, зависящая от неточности определения коэффициентов.

Ее значение¹ для температурного коэффициента $\pm 0^s,4 \cdot 10^{-7}$, а для барометрического коэффициента исчезающее мало.

Из приведенных данных совокупное влияние средних ошибок на разности ($S_0 - S$) получается таким:

$$E_{(S_0 - S)} = \sqrt{(1,1)^2 + (1,2)^2 + (2,1)^2 + (0,6)^2 + (0,6)^2 + (0,4)^2} \cdot 10^{-7} = \pm 2^s,8 \cdot 10^{-7}.$$

ГЛАВА I стр. 4.*

ВЫВОД УСКОРЕНИЯ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ ДЛЯ ВИМС В ЛЕНИНГРАДЕ.

Вычисление силы тяжести проведено по точной формуле:

$$g - g_0 = \frac{g_0}{S^2} (S_0 + S) (S_0 - S), \quad (10)$$

так как при большой разности $S_0 - S$, какая имеет место в данном случае, дифференциальная формула не дает достаточной точности.

В следующей таблице ХLI сопоставлены значения периодов колебаний средних маятников для Полтавы средней и для ВИМС, а также разности ($S_0 - S$) и точность, с которой определены эти разности.

Таблица ХLI.—Tableau ХLI.

Сопоставление периодов колебаний средних маятников в Полтаве и ВИМС.
Comparaisons des périodes des oscillations des pendules moyens à Poltava et I.M.S.

Пункт Station	Прибор Штюкрата, маятники №№ 100, 101, 102, 103 Appareil de Stückrat			Прибор Штернека маятники №№ 109, 131, 132 и 133 Appareil de Ster- neck
	Осень Automne 1926	Зима Hiver 1929	Лето Été 1929	Лето Été 1929
Полтава Poltava	0,5013114	0,5013096	0,5013096	0,5071990
ВИМС-I.M.S.	0,5010756	0,5010736	0,5010741	0,5069602
Разность Différences	2358	2360	2355	2388
$E(S_0 - S)$	$\pm 9_0$	$\pm 8_0$	$\pm 4_0$	$\pm 2_0$

¹ См. стр. 40.

Принимая для гравиметрического столба Полтавской Обсерватории $g_0 = 981,007 \text{ cm. sec}^{-2}$, мы получаем такие значения ускорения силы тяжести для подвала лаборатории времени Всесоюзного Института метрологии и стандартизации в Ленинграде:

I. Из наблюдений с прибором Штюкрата.

Наблюдатели	Период наблюдения	g в cm. sec^{-2}
Т. А. Буй и П. И. Михайловский.	Осень 1926 г.	$981,931 \pm 0,003_0$
Профессор А. Я. Орлов	Зима 1929 г.	$981,931 \pm 0,03_0$
"	Лето 1929 г.	$981,930 \pm 0,001_0$

II. Из наблюдений с прибором Штернека.

Профессор А. Я. Орлов Лето 1929 г. $981,931 \pm 0,001_1$

Взяв из этих значений среднее и принимая во внимание точность каждого определения, мы получим такое значение ускорения силы тяжести для часового подвала Всесоюзного Института метрологии и стандартизации в Ленинграде:

$$g = 981,931 \pm 0,001 \text{ cm. sec}^{-2}.$$

INTENSITE DE LA PESANTEUR POUR L'INSTITUT DE METROLOGIE ET STANDARDISATION A LENINGRAD (U. R. S. S.)

Par M-me Z. N. Aksentieva

(Résumé)

L'Institut de Métrologie et Standardisation (I. M. S.) de l' U. R. S. S. est souvent un point de départ pour les déterminations gravimétriques relatives, mais pour I. M. S. même l'intensité de la pesanteur n'est pas connue avec exactitude suffisante. Les observateurs divers ont obtenu des valeurs très différentes de la force de la gravité. En effet, le Professeur A. A. Ivanov, d'après ses observations absolues, a obtenu pour I. M. S. $g = 981,948 \text{ cm. sec}^{-2}$, tandis que le Professeur A. M. Gizitsky, d'après les observations relatives, a trouvé $g = 981,926 \text{ cm. sec}^{-2}$. D'autres observateurs ont donné les valeurs intermédiaires.

En 1926 et 1929, le Professeur A. J. Orlov, aidé de ses collaborateurs, a effectué, pour I. M. S. une nouvelle détermination de g par rapport à l'Observatoire Gravimétrique de Poltava, où l'intensité de la pesanteur est connue, à savoir:

$$g = 981,007 \text{ cm. sec}^{-2}.$$

Cette liaison gravimétrique a été accomplie quatre fois: trois fois avec appareil de Stückrath à quatre pendules (Nos 100, 101, 102 et 103) et une fois avec appareil de Sterneck au support мура

pendules Nos 84, 85, 109, 131, 132 et 133). De plus, les pendules de Sterneck ont été suspendues dans l. M. S. par les deux manières différentes.

A. J. Orlov a confié à l'auteur la réduction de toutes les observations obtenues. Nous avons reçu les résultats suivants:

Date	Pendules	Intensité de la pesanteur	Observateurs
1926	Stückrath	981,931 cm. sec ⁻²	Bouy et Mikhallovsky
1929	"	931	A. J. Orlov
1929	"	930	A. J. Orlov
1929	Sterneck	931	A. J. Orlov

Comme moyenne, on a pour l'Institut de Métrologie et Standardisation de l'U. R. S. S.

$$g = 981,931 \text{ cm. sec}^{-2}$$

On voit que les pendules de Sterneck ont donné le même résultat que celle de Stückrath.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ РАДИОСИГНАЛОВ (СИГНАЛОВ ДОЛГОТЫ) ПУЛКОВСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

В. А. Россовская

Как известно, в программу передачи сигналов времени Пулковской Обсерватории входит и посылка сигналов от нормальных часов Riefler № 451* (451 R*).

Эти сигналы позволяют — и в этом их наибольшая ценность — с удобством производить сличение часов по радио, так как для этого не требуется знания поправок передающих часов. Лабораторией времени ВИМС такие сличения и производились с апреля 1928 г. Получались они при помощи автоматической регистрации, по обычному способу секундных тире, передаваемых станцией Детское Село (RET). До 24 октября 1928 г. регистрировались секунды 54, 56, 0, 2 и 4, а после до конца года — секунды 0, 2, 4, 6 и 8.

Таблица I на стр. 60 дает разности показаний часов 451 R* Пулковской Обсерватории и часов 67 R* лаборатории времени ВИМС как результат таких сличений. Первые разности этих разностей представляют относительные ходы часов, т. е. разности абсолютных ходов этих часов.

В конце ноября постоянство давления под колпаком часов ВИМС 67 R* начало нарушаться, вследствие открывшейся течи, а потому относительные ходы часов за это время приведены к постоянному давлению 714,4 мм, на основании журнала температур, давлений и амплитуд нормальных часов за это время. Эти приведенные ходы помещены в таблице I между строк.

Полученные таким образом относительные ходы часов будут изо дня в день меняться, во-первых, вследствие ошибок приема и непостоянства систематической погрешности передающей системы, а во-вторых, вследствие случайных колебаний абсолютных ходов самих часов.

Попробуем, пользуясь имеющимся материалом, определить величины ошибок приема и случайных колебаний ходов часов. Применим для этого способ, указанный проф. Б. Ванахом (A. N. 4546, Bd. 190).

Пусть ϵ_i — ошибка приема; δ_i и δ'_i — вариации хода часов Пулкова и ВИМС. Тогда разность r_i относительных ходов, смежных по времени промежутков, примет такой вид:

$$r_i = \delta_i - \delta'_i + \epsilon_{i+1} - 2\epsilon_i + \epsilon_{i-1}$$

а разность R_j относительных ходов промежутков вдвое больших выразится так:

$$R_j = \delta_{j+1} + \delta_j - \delta'_{j+1} - \delta'_j + \varepsilon_{i+2} - \varepsilon_{i+1} - \varepsilon_i + \varepsilon_{i-1}$$

Применяя закон суммирования случайных ошибок и полагая, что случайные колебания ходов тех и других часов не различаются весьма ощутимо, т. е. считая их равноценными по качеству, получим систему уравнений такого вида:

$$\begin{aligned} r^2 &= 2\delta^2 + 6\varepsilon^2 \\ R^2 &= 4\delta^2 + 4\varepsilon^2. \end{aligned}$$

Находим r и R , как среднее квадратичное значение относительных ходов часов; имеем:

$$r^2 = 316 \cdot 10^{-6} \quad \text{и} \quad R^2 = 362 \cdot 10^{-6}.$$

Откуда:

$$\varepsilon = \pm 0^s,005, \quad \text{и} \quad \delta = \pm 0^s,007.$$

Таким образом из анализа хода часов мы определили и ошибку приема и случайные колебания хода часов.

Заметим еще, что помещенные в таблице 1 разности ($451 R^* - 67 R^*$) исправлены только за запаздывание автоматического приемника лаборатории времени и, следовательно, не могут быть непосредственно сопоставлены с поправками этих часов (Бюллетень К. С. В. № 5, за 1928 г.), ибо запаздывание самой передачи здесь не учтено. Поэтому для пулковских часов Riefler № 451 принят символ $451 R^*$.

Таблица 1. — Tableau 1.

Сравнения, нормальных часов, $451 R^*$, и 67^* .

Comparaisons des garde-temps $451 R^*$ et 67^*

1928	$451 R^* - 67 R^*$	1928	$451 R^* - 67 R^*$	1928	$451 R^* - 67 R^*$	1928	$451 R^* - 67 R^*$
IV 5	-21,268	IV 16	-22,789	V 3	-26,564	V 19	-32,137
6	-21,342	17	-22,994	11	-30,377	20	-32,375
8	-21,478	19	-23,446	12	-30,598	21	-32,597
9	-21,526	21	-23,858	14	-31,023	23	-33,075
13	-22,113	23	-24,313	15	-31,245	27	-34,060
14	-22,337	27	-25,227	16	-31,457	29	-34,540
15	-22,557	28	-25,450	18	-31,889	VI 1	-35,267

Таблица I (продолжение). — Tableau I (fin)

1928	451 R ^x - 67 R	1928	451 R ^x - 67 R	1928	451 R ^x - 67 R	1928	451 R ^x - 67 R
VI 2	-35,505	VII 31	-41,484	XI 24	-4,646	XI 6	-24,659
3	-35,750	VIII 2	-42,132	30	-7,626	9	-25,057
4	-35,989	5	-43,060	X 3	-9,094	10	-26,524
5	-36,235	8	-44,047	4	-9,592	13	-27,865
10	-37,513	9	-44,394	5	-10,079	14	-28,318
17	-39,304	10	-44,748	7	-11,038	16	-29,194
18	-39,569	11	-45,105	8	-11,545	17	-29,624
28	-42,035	12	-45,461	9	-12,023	18	-30,062
VII 1	-33,432	13	-45,806	11	-12,970	19	-30,487
2	-33,671	17	-47,270	13	-13,927	20	-30,922
3	-33,935	21	-48,783	14	-14,405	23	-32,152
4	-34,184	23	-49,561	15	-14,863	25	-32,921
5	-30,802	24	-49,964	18	-15,221	26	-33,298
7	-34,935	25	-50,380	19	-16,695	27	-33,635
11	-35,946	27	-51,200	20	-17,146	28	-33,968
14	-36,667	28	-519,14	22	-18,019	29	-34,293
15	-36,878	29	-52,031	23	-18,464	30	-34,579
16	-37,127	IX 2	-53,778	24	-18,890	XII 1	-34,849
18	-37,623	4	-54,708	25	-19,331	2	-35,098
19	-37,870	5	-55,160	26	-19,766	4	-35,528
20	-38,138	7	-56,109	27	-20,194	5	-35,717
21	-38,429	12	-58,626	28	-20,648	6	-35,865
23	-39,019	13	-59,181	29	-21,081	7	-35,985
27	-40,219	17	-1,147	31	-21,973	14	-36,277
28	-40,530	19	-2,152	XI 1	-22,445	15	-36,273
29	-40,851	20	-2,631	2	-22,883	16	-36,287
30	-41,161	23	-4,139	3	-23,330	17	-36,272

Таблица I (окончание) — Tableau I (fin)

1928	451 R ^x — 67 R	1928	451 R ^x — 67 R	1928	451 R ^x — 67 R	1928	451 R ^x — 67 R
XII 18	- 36,236 - 397	XII 20	- 36,129 - 389	XII 27	- 35,484 - 396	XII 29	- 35,240 - 396
19	- 36,189 - 397	21	- 36,048	28	- 35,367 - 394	30	- 35,103 - 382
						31	- 35,940

UTILISATION DES SIGNAUX RADIOTELEGRAPHIQUES SPECIAUX DITS „DE LONGITUDE“ DE L'OBSERVATOIRE DE POULKOVO

Par M-me V. A. Rossovsky

Le programme des signaux horaires, émis par l'Observatoire de Poulkovo, comprend entre d'autres la transmission des signaux de la pendule normale de Riefler No 451 (451 R^x). Ces signaux permettent de comparer les pendules par les réceptions radiotélégraphiques directement, sans en connaître les corrections, ce qui constitue le principal avantage du schéma. Le Laboratoire de l'Heure de l' I. M. S. a introduit ces comparaisons depuis le mois d'avril 1928.

Les signaux de la durée d'une seconde émis par la station Detskoye Selo (RET) sont enregistrés automatiquement par la méthode usuelle. L'enregistrement comprenait les secondes: 54, 56, 0, 2, et 4 jusqu'au 24 octobre 1928, et les secondes: 0, 2, 4, 6, 8 dans la suite et jusqu'à la fin de l'année.

La table I (page . . . 60 . . .) contient les résultats de ces comparaisons, c'est-à-dire les différences des corrections des pendules. La différence de ces dernières correspond à la marche relative des pendules ou à la différence de leurs marches absolues.

Vers la fin du mois de novembre la densité constante de l'air sous la cloche de la pendule directrice 67 R^x de l' I. M. S. a subi quelques changements, dus à une voie dans la cloche, ce qui a nécessité la réduction des marches relatives à une pression constante de 714,4 mm. La réduction a été faite en se basant sur les lectures quotidiennes de la température, de la pression et de l'amplitude de la pendule directrice. Les marches réduites sont données dans la même table entre les lignes.

Les marches relatives changent de jour en jour, grâce aux erreurs dans les réceptions et aux changements dans les erreurs systématiques de la station émettrice, ainsi qu'aux variations casuelles des marches absolues des pendules.

Les matériaux déjà mentionnés permettent d'établir les valeurs des erreurs des réceptions et les variations fortuites dans les marches.

Leur détermination a été faite d'après la méthode de B. W a n a c h (A. N. 4546, Bd. 190).

Admettons que ε_j signifie l'erreur de la réception, δ_j et δ'_j les variations de la marche des pendules de Poulkovo et de l'I.M.S. Dans ce cas, la «différence r_j des marches relatives correspondantes aux intervalles voisins prend la forme:

$$r_j = \delta'_j - \delta_j + \varepsilon_{j+1} - 2\varepsilon_j + \varepsilon_{j-1} \quad (1)$$

et celle dans les intervalles doubles:

$$R_{j+1} = \delta'_{j+1} + \delta'_j - \delta_{j+1} - \delta_j + \varepsilon_{j+2} - \varepsilon_{j+1} - \varepsilon_j + \varepsilon_{j-1} \quad (2)$$

D'après la loi de l'addition des erreurs casuelles, nous obtenons dans le cas, où les variations fortuites des deux pendules ne se distinguent pas sensiblement, c'est-à-dire, où la qualité des deux pendules est égale, les équations suivantes:

$$\begin{aligned} r^2 &= 2\delta^2 + 6\varepsilon^2 \\ R^2 &= 4\delta^2 + 4\varepsilon^2 \end{aligned} \quad (3)$$

R^2 et r^2 étant déterminés comme les moyennes quadratiques de différences correspondantes des marches relatives:

$$r^2 = 316 \cdot 10^{-6} \text{ et } R^2 = 362 \cdot 10^{-6}$$

D'où:

$$\varepsilon = \pm 0,005, \text{ et } \delta = 0,007. \quad (4)$$

Ainsi l'analyse de la marche donne une erreur de la réception et une variation fortuites de la marche absolue.

Notons encore, que les différences ($451R^* - 67R^*$) ne sont réduites que pour le retard de l'enregistrement automatique du Laboratoire de l'Heure de l'I.M.S., et ainsi ne peuvent pas être directement comparées aux corrections¹ des pendules $451R^*$ et $67R^*$, car le retard de l'émission elle-même ne peut pas être pris en considération. De là le symbole $451R^*$ pour la pendule $451R^*$.

¹ Voir Bulletin du Comité de l'Heure à Observatoire de Poulkovo pour l'an 1928, N° 5.

К ВОПРОСУ О ВЫЧИСЛЕНИИ СВОДНЫХ МОМЕНТОВ РИТМИЧЕСКИХ РАДИОСИГНАЛОВ ВРЕМЕНИ.

Н. Х. Прейпич

На Астрономической Конференции в Пулкове (5—9 марта 1932 г.) был затронут вопрос о сводных моментах радиосигналов времени, публикуемых Техническим Бюро Комитета Службы Времени при ГАО. В прениях по данному вопросу мною были высказаны различные соображения, указывавшие на необходимость коренных изменений в способе вычисления этих сводок. Эти соображения были признаны Астрономической Конференцией заслуживающими внимания и их детальное рассмотрение было передано специальному Совещанию Союзных служб времени. Совещание, на котором участвовали представители служб времени Пулковской Обсерватории, Г. И. геодезии и картографии в Москве, Ташкентской Обсерватории и ВИМС в Ленинграде, состоялось 11 марта 1932 г. в ВИМС. Нижеследующая заметка содержит те предложения, которые были мною представлены вниманию Совещания в письменном виде. Результаты обсуждения видны из помещаемого в конце заметки протокола Совещания.

Недостатки ныне публикуемых Комитетом С. В. (кончая 1931 г.) сводных моментов ритмических радиосигналов, в значительной степени обесценивающие их применение в долготных работах повышенной точности, а главное при многочисленных гравиметрических работах, в которых требуется надежное определение ходов применяемых хронометров, заключаются в общих чертах в следующем.

1. Непостоянство систематических ошибок сигналов смежных дней вследствие невыдержанности основной системы пяти обсерваторий, вызываемой отсутствием приемов станций Науэн—12 ч или Бордо—20 ч на одной или нескольких привлекаемых обсерваториях.

Так, например, для 29.XII редукции к средней обсерватории определены по 5 обсерваториям по Науэну—12 ч, для 30.XII по 5 обсерваториям по Науэну и 2 обсерваториям по Бордо—20 ч (Бюллетень К. С. В. № 26, декабрь 1931 г.), что в данном случае вызывает для этого дня уклонение в сводном моменте сигналов Бордо—20 ч.

2. Полный разнобой в систематических ошибках добавочных сводных моментов, опирающихся на самые разнообразные системы

обсерваторий в числе от 4 до 9 (см. пояснения к Бюллетеням №№ 22—26, август—декабрь 1931 г.), что делает сомнительным применение этих сигналов даже для работ средней точности.

3. Мелкие колебания в ошибках сводных моментов, вследствие непринятия в расчет скорости распространения электромагнитных волн, что, правда, весьма затрудняет анализ материалов только в работах с повышенной точностью.

4. Редакционные недочеты, вызывающие сомнения при пользовании теми или иными сводными данными, например, моменты Науэна—0 ч, моменты сигналов Москвы—14 ч, в упоминавшихся ранее Бюллетенях.

Отмеченные недостатки отчасти вызываются непринятием в расчет некоторых из перечислявшихся факторов, но главной их причиной являются невыгоды метода вычислений, применяемого Техническим Бюро К. С. В. при выполнении сводки. Эти последние недостатки могут быть полностью устранены в случае применения дифференциального метода вычисления, согласно с положениями, развиваемыми мною на страницах *Astronomische Nachrichten* (№ 5599, 1928 г.) и N. Stoyko в *Bulletin Horaire* (T. IV, № 61, p. 260—264). Этот дифференциальный метод вместе с тем освобождает наши службы времени от крайне стеснительного и трудно исполнимого требования обязательно принимать две станции Науэн—12 ч. и Бордо—20 ч.

Одновременно с этим необходимо фиксировать, по крайней мере на 1932 г., твердую систему обсерваторий, определяющую собою годовичную постоянную ошибку в моментах радио-сигналов.

Соображения по вопросу о выборе основной системы обсерваторий, который, вообще говоря, не является важным, будут мною изложены дальше. Теперь перейду к сущности самого предлагаемого метода вычислений.

Пусть имеется ряд обсерваторий A, B, C, \dots, N , принимающих самые разнообразные сигналы (моменты сигналов мы обозначим теми же буквами A, B, C, \dots, N), пусть поправки их долгот (вместе со стабильными систематическими ошибками) для приведения к основной системе обсерваторий суть $\Delta\lambda_A, \Delta\lambda_B, \Delta\lambda_C, \dots, \Delta\lambda_N$, пусть редукции за скорость воли для приведения к местонахождению станции суть $\Delta v_A, \Delta v_B, \Delta v_C, \dots, \Delta v_N$. По введении этих редукций по формулам:

$$\left. \begin{aligned} A' &= A + \Delta\lambda_A + \Delta v_A \\ B' &= B + \Delta\lambda_B + \Delta v_B \\ &\dots \dots \dots \\ N' &= N + \Delta\lambda_N + \Delta v_N \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

мы получаем вполне сравнимые моменты, содержащие только ошибки приемов сигналов, случайные и сезонные ошибки определений времени и ошибки интерполяции поправок часов.

Выбираем затем из числа имеющихся обсерваторий одну в качестве опорной. Условиями этого выбора являются:

1. Надежность приемов радиосигналов,
2. Высокое качество применяемых часов,
3. Возможно большее число принимаемых за день станций.

Пусть мы остановимся на обсерватории А (на практике удобно взять Париж или Гринич).

Образуем затем по двум-трем общим станциям разности моментов вида $(B' - A')$, $(C' - A')$. . . $(N' - A')$. При образовании разностей полезно принять во внимание систематические ошибки в приемах различных станций, если таковые достаточно явно выражены.

Полученные разности в дальнейшем наносим на графики с соблюдением эпох сравнения, проводим сглаживающие кривые и в дальнейшем отчитываем с графиков уравненные значения разностей $(B'' - A'')$, $(C'' - A'')$. . . $(N'' - A'')$, которые представляют собою улучшения системы интерполированных поправок опорной обсерватории А. При проведении кривой, с одной стороны, в значительной степени устраняется влияние случайных ошибок приема и точно также могут быть устранены ошибки интерполяции поправок часов обсерваторий: В, С, . . . N. Для этой цели на графиках должны быть отмечены даты звездных наблюдений. Коль скоро точки графика в интервале между двумя звездными наблюдениями существенно отступают от соответствующего отрезка прямой и коль скоро сравнение графиков нескольких различных обсерваторий убеждает, что вина не в часах опорной обсерватории, такие участки графика могут быть заменены прямыми, проходящими через точки графика, соответствующие эпохам звездных наблюдений.

Итак, график доставляет одновременные значения разностей:

$$\left. \begin{array}{l} B'' - A'' \\ C'' - A'' \\ \vdots \\ N'' - A'' \end{array} \right\} \dots \dots \dots (2)$$

которые, как уже упоминалось, дают индивидуальные исправления принятой системы поправок опорной обсерватории, по данным отдельных участвующих обсерваторий.

Присоединяем сюда равную нулю разность

$$A'' - A'' \dots \dots \dots (3)$$

и образуем из всех их (всего n — по числу обсерваторий) взвешенное среднее, при чем веса P_A, P_B, \dots, P_N намечаем в соответствии с инструментальным оборудованием, с качеством звездных наблюдений отдельных участников и стабильностью годовых систематических ошибок (на практике здесь можно довольствоваться весами: 1, $1/2$ и 0).

Заметим, что при выполнении этих вычислений графики редукций $red. J$ могут быть с успехом заменены линейной интерполяцией между ежесуточными значениями $red. J$.

Описанный способ обработки материалов служб времени обладает следующими преимуществами:

1. Гарантирует наибольшее постоянство систематических ошибок в моментах радиосигналов и обеспечивает прекрасное исключение всевозможных ошибок случайного и сезонного характера.
2. Не требует, чтобы одни и те же радиосигналы, например, Науэн—12 ч, Бордо—20 ч обязательно принимались всеми сотрудничающими обсерваториями.
3. Совершенно не зависит от случайных пропусков в приемах радиосигналов.
4. Допускает использование материалов служб времени и тогда, когда нет приемов общей станции в опорной и данной единичной обсерватории. Соответствующий переход делается тогда при помощи вспомогательной третьей обсерватории, порознь общей по различным сигналам первым двум.
5. Допускает использование результатов наблюдений и таких обсерваторий, звездные наблюдения которых надежны, но хранение времени плохо обеспечено (наличие только хронометров).
6. Допускает произвольное привлечение новых обсерваторий участников в любое время без нарушения избранной основной системы.

7. Вычисления идут с малыми числами порядка 0,1 — 0,2 сек. Остановимся теперь на выборе основной системы обсерваторий, определяющей поправки $\Delta\lambda$, за неточность принятых долгот и совокупность годовых стабильных систематических ошибок.

Удобнее всего для этой цели остановиться на одной основной обсерватории и определить поправки $\Delta\lambda$, всех остальных участников по отношению к ней. Этим достигается определенность из года в год основной опорной долготной точки и при всех последующих уравниваниях долгот экспедиционных пунктов, т. е. при работе, уже выполняемой отдельными учреждениями Союза, придется считаться с систематическими ошибками преимущественно этой основной обсерватории.

В качестве основных обсерваторий могут быть намечены Гринич или Пулково, искони служившие исходными точками для счета долгот и показывающие за последние годы большую стабильность своих результатов.

Можно также остановиться на одной из систем средних фиктивных обсерваторий. В качестве таковой удобно избрать (1932 г.) или систему из 5 обсерваторий: Гринич, Ленинград, Париж, Потсдам и Пулково, так как материалы для получения величин $\Delta\lambda$, подготовлены самим фактом публикации сводных моментов в системе этих 5 обсерваторий, — или систему 9 обсерваторий: Вашингтон, Гринич, Гамбург, Ленинград, Невшатель, Париж,

1. Определение редукиций результатов отдельных служб времени за случайные и сезонные ошибки хранимого ими времени основывается на дифференциальном методе. В качестве опорной для такой цели службы времени рекомендуется принять Париж.

2. Сводные моменты сигналов должны быть отнесены к моментам выхода волн из соответствующих радиостанций. Необходимые на то редукиции следует вычислять со значением скорости электромагнитных волн 252000 км/сек. , если таковое значение будет сохранено Международным Бюро времени.

3. При выполнении вычислений по возможности должны быть учтены разности в систематических ошибках приема разных станций в данной службе времени.

4. При выполнении вычислений должны быть по возможности разделены и учтены ошибки звездных наблюдений, интерполяции поправок часов и приема сигналов.

5. Сводные моменты желательно давать в системе долготы одной основной службы времени, за каковую рекомендуется принять Гринич.

Примечание. Данный пункт особо существенного значения не имеет.

6. При публикации моментов сигналов Бюллетию КСВ необходимо редактировать сообразуясь с сокращениями, принятыми Международным Бюро времени, устранить имеющиеся в таблицах неясности и сопровождать каждый номер Бюллетеня кратким пояснением условных сокращений и расположения таблиц.

Приложение

Протокол совещания представителей служб времени

в ВИМС, от 11 марта 1932 г.

Присутствовали: Н. И. Днепровский, П. Н. Долгов, А. И. Постоев
Н. Х. Прейнич, В. Г. Шапошников.

Слушали: Об основаниях вывода сводных моментов.

Постановили: 1. В основу вывода сводных моментов положить дифференциальный метод, давая моменты в системе времени средней обсерватории. В виду технического удобства рекомендуется за обсерваторию, относительно которой производится сравнения, принять такую, где производится большое количество надежных приемов и имеется возможность надежного хранения времени (Париж).

2. Моменты сигналов относить к выходу волн из соответствующих радиостанций. Числовое значение скорости электромагнитных волн установить по соглашению с В. Л. Н. и впредь до изменения принимать 252000 километров в секунду.

3. Исправление долготы какой либо службы времени производить в случае, если отклонения ее результатов носят явно выраженный систематический характер.

4. Сводные моменты давать для всех станций в среднем времени. Желательно станции, используемые для долготных работ, давать в звездном времени (все станции, кроме FYL— 8^h , GBR— 10^h и DFY— 12^h).

Подлинный за подписями всех присутствующих.

SUR LE CALCUL DES MOMENTS DEFINITIFS DES SIGNAUX RYTHMES

Par N. C. Preipitch

(Résumé)

A la Conférence Astronomique de Poulkovo (tenue de 5 à 9 mars 1932) et puis à la Consultation des Services de l'Heur de l'U.R.S.S. (le 11 mars 1932 à l'I.M.S.) l'auteur a énoncé quelques suggestions visant le perfectionnement des moments définitifs des signaux rythmés dans la publication périodique du Comité de l'Heur Poulkovo (C. H.).

Les formules du texte russe développées en concordance avec l'état actuel du service de l'heure¹ fournissent le fondement théorique nécessaire. On a adopté dans ses formules les significations:

$A, B, C \dots N$ — les moments des signaux rythmés d'après les données des observatoires en coopération.

$A', B', C' \dots N'$ — les mêmes moments, mais corrigés pour la vitesse de la propagation des ondes hertziennes et pour la somme des erreurs annuelles stables.

$A_1'', B_1'', C_1'' \dots N_1''$ — les mêmes moments que ceux d' A' , mais régularisés, en outre, pour les erreurs de réception et d'interpolation linéaire des corrections de la pendule.

$A''', B''', C''' \dots N'''$ — les mêmes moments que ceux d' A , mais corrigés pour la vitesse des ondes, pour les erreurs annuelles stables et celles de saison de l'heure conservée.

Δv — la réduction pour la vitesse des ondes hertziennes.

$\Delta \lambda$ — la réduction pour la somme des erreurs annuelles stables.

$red. A \dots red. N$ — les réductions pour les erreurs de saison référées aux moments déterminés de la journée.

$red'. A \dots red'. N$ — les mêmes réductions, mais interpolées au moment de la réception de certains signaux.

$P_{A_1}, P_{B_1} \dots P_{N_1}$ — les poids estimant la précision du temps conservé par observatoires individuels.

$p_{A_1}, p_{B_1} \dots p_{N_1}$ — les poids estimant les précisions correspondantes des réceptions.

[] — les signes des sommations.

¹ N. Preipitch-Freyberg. Ueber die Ausgleichung der Zeitdienstresultate. Astronomische Nachrichten № 5599, 1928. N. Stoyko. Heure définitive des Signaux Horaires en 1931. Bulletin Horaire, T. IV, № 61, p. 260, 1931.

S — les moments définitifs les plus probables des signaux rythmés. La méthode différentielle présentée ici est d'une flexibilité maximum en raison d'usage des données des divers observatoires en coopération.

Les principales propositions qui en découlent sont:

1. La détermination des réductions des résultats présentés par les services isolés de l'heure pour les erreurs fortuites et de saison de l'heure adoptée est fondée sur la méthode différentielle. En qualité d'un service d'appui de l'heure propre à ce but on peut recommander prendre Paris.

2. Les moments définitifs des signaux doivent être référés aux moments du départ des ondes des stations émettrices correspondantes. Les réductions nécessaires doivent être calculées avec la valeur de la vitesse des ondes hertziennes de 252000 km/sec, si cette valeur est maintenue par le Bureau International de l'Heure.

3. En faisant des calculs on doit, au possible, tenir compte des différences dans les erreurs systématiques de réceptions de différentes stations exécutées par un seul certain service de l'heure.

4. On doit aussi, au possible, discerner et tenir compte des erreurs des observations sidérales, de l'interpolation des corrections de la pendule et de la réception des signaux.

5. Il est à désirer de calculer les moments définitifs dans un système de la longitude d'un seul service de l'heure servant de base; comme un tel on peut recommander Greenwich.

Remarque. Le point donné ne joue aucun rôle substantiel.

6. En publiant les moments des signaux, on doit rédiger les Bulletins du C. H. en considération des abréviations adoptées par le Bureau International de l'Heure, éliminer des obscurités dans les tableaux et annexer à chaque numéro des Bulletins de brèves explications des abréviations adoptées et de la disposition des tableaux.

Annexe

Procès-verbal de la Consultation des représentants des Services de l'Heure à l'I.M.S., 11 mars 1932.

Sont présents: N. I. Dneprovsky, P. N. Dolgov, A. I. Postoev, N. C. Preipitch, V. G. Chapochnikov.

Écoute: Sur les bases des calculs des moments définitifs.

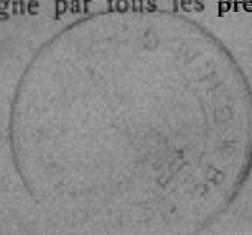
Décidé: 1) Poser à la base des calculs des moments définitifs la méthode différentielle en donnant les moments dans un système de l'heure d'un observatoire moyen. En vue de la commodité technique il est à recommander de prendre pour l'observatoire, par rapport auquel on fait des comparaisons, un tel, où l'on exécute un grand nombre de réceptions sûres et où on a la possibilité de conservation assez sûre de l'heure (Paris).

2. Référent les moments des signaux au départ des ondes des stations émettrices correspondentes. La valeur numérique de la vitesse des ondes hertziennes doit être établie avec le consentement du B.I.H. et dorénavant jusqu' au changement décidé prendre la valeur de 252 000 km par seconde.

3. Faire la correction de la longitude d'un certain service de l'heure au cas si l'écart de ses résultats a un caractère systématique bien énoncé.

4. Donner les moments définitifs pour toutes les stations en heure moyenne. Il est à désirer de donner les stations utilisées pour travaux longitudinaux en heure sidérale (toutes les stations hormis les stations FYL—8^h, GBR—10^h et DFY—12^h).

Signé par tous les présents.



О ХРОНОГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДАХ ИССЛЕДОВАНИЯ КОЛЕСНЫХ ПРЕРЫВАТЕЛЕЙ В ЧАСАХ

Н. Х. Прейпич

§ 1. Общие замечания. Все работы с современными нормальными часами осуществляются почти исключительно при помощи электрических сигналов, даваемых секундными прерывателями часов. Одной из наиболее распространенных конструкций таких прерывателей является колесный прерыватель. Он состоит из добавочной зубчатки — контактного колеса, насаживаемой обычно на секундную ось часов, и контактного рычага, приводимого в движение зубцами контактного колеса. Колесный прерыватель обладает большими преимуществами по сравнению с иными механическими конструкциями контактов, так как он мало возмущает ход часов и вместе с тем дает удобный способ для отметки нулевой секунды часов путем удаления соответствующего зубца контактного колеса. Но, вместе с тем, он обладает одним крупным недостатком: секунды, отмеченные таким прерывателем, как правило, не дают равномерной шкалы времени: каждая из них обладает своей ошибкой систематического характера. Эти ошибки вызываются совокупным влиянием ошибок нарезки контактного и спускового колес, их эксцентриситетами, их взаимным расположением, различием в работе спуска часов при правом и левом колебаниях маятника. В результате, в показаниях часов обнаруживаются систематические ошибки с минутным периодом. Влияние неравенства четных и нечетных секунд легко исключить путем использования для измерений в качестве опорной лишь одной системы секунд: либо четной, либо нечетной. Ошибки же внутри одной из этих систем должны быть изучены, так как пренебрежение этим обстоятельством может во многих случаях неблагоприятно отразиться на результатах наблюдений. Настоящая статья излагает возможные хронографические методы для определения, поправок за минутный период и, вместе с тем, дает материал для суждения о их постоянстве этих поправок. Теоретическая проработка этого вопроса была выполнена еще в 1919 г. Опытный материал был набран в течение 1918 — 1931 гг.

При наших рассуждениях будем пользоваться следующими определениями и допущениями, не отражающимися на общности выводов:

1) Назовем поправками секунд за минутный период разности: показание наших часов при прерывателе с идеально равномерной секундной шкалой минус показание соответствующей целой секунды, отмечаемой данным реальным неточным прерывателем; обозначим эти поправки буквами Δ_i со значками, соответствующими номерам секунд, при чем остановимся на системе нечетных секунд.

2) Ориентируем секунды фиктивного прерывателя относительно секунд реального таким образом, чтобы выполнялось условие:

$$\sum_{i=1}^{i=59} \Delta_i = 0 \dots \dots \dots (1)$$

3) При всех промерах хронограмм будем придавать ленте такое же положение, какое она занимает при самом процессе записи. Измерение будем выполнять по нижней линии записи, т. е. будем выражать отчет в долях секунд тех часов, сигналы которых записаны на нижней линии.

Обратимся теперь к методике хронографических определений величин Δ_i . Здесь можно наметить три способа:

1) способ А — по абсолютным промерам длин секундных интервалов, записанных на ленте хронографа; 2) способ В — путем сравнения испытуемых часов с часами, заведомо свободными от ошибок с минутным периодом; и 3) способ С — из сравнений двух часов, при чем ни те, ни другие от этих ошибок не свободны.

§ 2. Способ А (предложен проф. Ф. И. Блумбахом). Как уже упоминалось, этот способ основывается на абсолютных промерах интервалов в любое число секунд прямо по хронографической записи, т. е., при его применении делается допущение, что скорость протяжки ленты хронографа остается за время опыта постоянной.

Поставленная задача, в сущности, принципиально ничем не отличается от задач калибровки капилляров термометров или мер длины и поэтому может быть решена такими же методами,¹ как это делается в этих областях метрологии. Выбор того или иного метода калибровки в дальнейшем зависит только от тех средств, которыми располагает наблюдатель для подобных промеров, и от размеров труда, который может быть подобной работе уделен. При тех средствах, которыми располагала в момент выполнения наблюдений лаборатория времени (компаратор Опольцера, усовершенствованный Ф. И. Блумбахом и И. И. Кварнибергом; этот компаратор может применяться для длин

¹ См., например, А. Н. Георгиевский „Калибровка капилляров“. Временник Гл. П. м. и в. Вып. 1(11), стр. 29—112. Петроград 1915 г.

секунд от 10 до 41 мм, отчет выполняется с помощью зеркала, и добавочная стеклянная шкала допускает абсолютный промер интервалов в несколько секунд), по ленте могли измеряться интервалы длиной в 9, 10, 11 и 12 секунд (длина секунды около 35 мм). Из них пришлось остановиться на 10 и 12 секундных интервалах, так как они содержатся целое число раз в минуте, что дает возможность вывести простым способом необходимые для решения средние длины соответствующих интервалов. Иными словами, был применен метод решения, примерно соответствующий калибровке по способу Gay-Lussac'a.

Подобные измерения позволяют написать уравнения вида:

$$\Delta_i - \Delta_{i-10} + L_{10} = l'_i \dots \dots \dots (2)$$

$$\Delta_i - \Delta_{i-12} + L_{12} = l'_i \dots \dots \dots (3)$$

где Δ_i — искомые поправки нечетных секунд, i — их номера, имеющие период $60k$, (k — целое число), L_{10} и L_{12} соответственно средние длины 10 и 12 секундных интервалов, или, иначе длительности этих интервалов по идеальному прерывателю, l_i и l'_i — фактически измеренные длины соответствующих интервалов.

Из совокупностей подобных уравнений вида (2) и (3), образующих каждая в отдельности замкнутый минутный цикл, из всех этих уравнений легко исключаются величины L_{10} и L_{12} . Затем путем суммирования и вычитания этих исправленных уравнений получаются сначала уравнения, связывающие поправки различных секунд с поправкой какой-нибудь одной из них, например, с первой. Окончательные значения поправок получают, используя уравнение (1), указывающее, что сумма всех поправок должна быть равна нулю.

Описанный способ был испытан на практике в приложении к нормальным часам 68 RC. Запись на хронографе продолжалась в течение 30 минут. Произведено всего 1050 отдельных промеров различных имевшихся там 10 и 12 секундных интервалов. Путем образования средних из них выведено тридцать исходных уравнений вида (2) и пять — вида (3). Их решение дало значения, приведенные в столбце 2 таблицы I. Точность выводов, как и следовало ожидать, получилась для различных Δ_i различной. Их средние ошибки колеблются в пределах от $\pm 0^s,001_2$ до $\pm 0^s,002_7$ при средней ошибке одного промера в $\pm 0^s,006_s$. Точность всего ряда будем в дальнейшем характеризовать его максимальной ошибкой, т. е. числом $\pm 0^s,002_7$.

Попутно с этим выяснились прекрасные качества лентопротяжного механизма хронографа Нирр'a. Случайные колебания длины минутного интервала найдены равными $\pm 0,3$ мм (во времени $\pm 0^s,008$, т. е. около 0,014%). Средняя скорость (в секунду) оказалась величиной переменной — замедляющейся, что обья-

Таблица I. — Tableau I.

Поправки секунд часов 68R ⊙ за минутный период.
 Corrections des secondes de la pendule 68R ⊙ (période une minute).
 (В тысячных долях секунды¹ — Unité 0,001 de la seconde).

Эпоха—Date	1918 XI·10	1918 XI·18	1918 VII·16	1918 XI·22	1918 XI·10	1918 XII·28	1922 I·23	1922 XII·7
Наблюдатель—Observateur	P et A	P et F	P et A	P	среднее	P	P	P
Способ—Méthode	A	B	c	C	moienne	C	C	C
Число отчетов Nombre des lectures	1050	930	1860	465	—	465	465	465
Вес—Poids	0,09	0,45	0,15	1,00	1,69	1,00	1,00	1,00
ϵ_1	± 2,7	± 1,2	± 2,1	± 0,8	± 0,6	± 0,8	± 0,8	± 0,8
ϵ_0	± 2,9	± 1,3	± 2,3	± 0,9	± 0,7	± 1,1	—	—
№№ секунд Nos des secondes								
1	+ 10	+ 11	+ 12	+ 12	+ 12	+ 12	+ 4	+ 4
3	+ 1	+ 3	+ 1	+ 3	+ 3	+ 3	+ 2	+ 2
5	- 6	- 3	- 4	- 3	- 4	- 4	+ 1	- 6
7	- 10	- 5	- 7	- 7	- 7	- 10	+ 2	- 1
9	+ 5	+ 6	+ 7	+ 8	+ 7	+ 6	+ 5	+ 13
11	+ 2	+ 2	+ 2	+ 4	+ 3	0	+ 5	- 1
13	- 5	- 3	- 2	- 3	- 3	- 4	+ 2	- 6
15	+ 7	+ 8	0	+ 7	+ 7	+ 8	- 7	- 5
17	+ 5	+ 4	+ 5	+ 6	+ 5	+ 4	+ 6	+ 30
19	- 4	- 3	- 3	- 1	- 2	- 1	- 1	- 6
21	- 3	- 1	- 6	- 5	- 4	- 4	- 7	- 5
23	0	0	- 4	0	0	- 5	- 3	+ 5
25	+ 2	- 3	+ 3	+ 1	0	+ 4	+ 1	- 6
27	- 5	- 6	- 8	- 7	- 7	- 8	- 5	- 7
29	- 2	+ 1	- 2	- 1	0	- 3	- 12	- 13
31	+ 8	+ 8	+ 5	+ 9	+ 8	+ 8	+ 4	+ 2
33	+ 7	+ 4	+ 2	+ 4	+ 4	+ 6	+ 9	+ 21
35	+ 2	0	+ 1	+ 1	0	+ 1	+ 5	- 4
37	- 5	- 4	- 6	- 5	- 5	- 6	+ 3	+ 1
39	+ 8	+ 8	+ 7	+ 6	+ 7	+ 8	+ 2	+ 2
41	0	- 1	+ 2	+ 1	+ 1	+ 2	+ 4	+ 1
43	- 6	- 5	- 3	- 6	- 6	- 5	- 11	- 11
45	+ 10	+ 9	+ 7	+ 10	+ 9	+ 8	- 8	- 4
47	+ 6	+ 3	+ 5	+ 3	+ 3	+ 5	0	- 1
49	+ 2	- 1	0	- 1	- 1	+ 1	+ 5	+ 6
51	- 14	- 13	- 6	- 13	- 12	- 16	- 6	- 7
53	- 8	- 9	- 6	- 8	- 8	- 9	+ 3	- 4
55	- 2	- 1	+ 1	0	0	+ 2	+ 4	+ 6
57	- 3	- 4	0	- 5	- 4	- 3	+ 3	+ 1
59	- 4	- 7	- 5	- 7	- 6	- 5	- 6	- 6

¹ Вычисления выполнялись в десятичных долях секунды.
 Les calculs ont été exécutés en dixmillièmes d'une seconde.

ясняется уменьшением диаметра катушки ленты при ее разматывании; за каждые 10 минут хода это замедление, круглым числом, равно 0,02 мм (на одну секунду), или 0,06%.

Описанные измерения и относящиеся сюда вычисления выполнены при ближайшем участии М. А. Афанасьева.

§. 3. Способ В. (разработан Wanaach¹)¹. В этом способе испытуемые часы сравниваются с часами, снабженными маятниковым прерывателем, свободным от ошибок с минутным периодом, при чем первые часы пишут верхним пером хронографа. При оговоренных раньше условиях промера каждый отчет a_i по ленте дает уравнение вида:

$$\Delta_i + A_i = a_i, \dots \dots \dots (4)$$

где A_i — отчет по фиктивному идеальному прерывателю часов. Все величины A_i отличаются друг от друга на соответствующие влияния относительного хода часов за промежутки времени, не превышающие одной минуты. Относительный ход часов без труда определяется на основании двух достаточно удаленных сличений и, может быть, следовательно, учтен; после этого наше уравнение (4) приобретает вид:

$$\Delta_i + N = a'_i, \dots \dots \dots (5)$$

где N — исправленный отчет по фиктивному прерывателю, одинаковый для всех уравнений данной минуты, a'_i — соответствующие исправленные отчеты по ленте хронографа. Взяв среднее из всех уравнений (5), относящихся к данной минуте, находим:

$$N = \frac{1}{30} \Sigma a'_i, \dots \dots \dots (6)$$

и, наконец:

$$\Delta_i = a'_i - N, \dots \dots \dots (7)$$

Этот способ был испытан в приложении к тем же часам 68R \odot , причем измерения и вычисления были произведены при ценном содействии В. А. Финиковой-Яковлевой. Часами для сравнения служил контактный хронометр Nardin № 674 *. Правда, последний снабжен также колесным прерывателем, но для него имелись указания, что ошибки его секунд невелики. Сличения продолжались 31 минуту, при чем два крайних были использованы для определения относительного хода. Сделанные 930 отчетов были сначала приведены к центральной минуте, путем введения постоянных для данной минуты редуций. Это позволило в дальнейшем оценить точность вы-

¹ В. Wanaach. Untersuchung einiger Radunterbrecher. — Astronomische Nachrichten, N° 4114 p. 145, 1906.

вода. Затем из уравнений, относящихся к одной и той же секунде, были образованы соответствующие средние и уже только к этим средним были приложены данные выше формулы (5), (6) и (7). Полученные значения поправок отдельных секунд даны в столбце 3 таблицы 1. Средняя ошибка каждого из них $\pm 0,001_2$, а одного отчета $\pm 0,004_4$.

Попутно удалось оценить среднюю величину ошибок прерывателя хронометра 674 N*. То обстоятельство, что часы 68 R⊙ и хронометр 674 N* регулированы одни по среднему времени, а другой — по звездному, заставляло смещаться секунды часов относительно секунд хронометра. В результате, одна и та же секунда часов 68 R⊙ была связана группами по шести отчетов с пятью различными смежными секундами хронометра 674 N*. Из согласия отчетов, опирающихся на одни и те же секунды, средняя ошибка такого вывода из шести отчетов получена равной $\pm 0,001_6$. Из согласия 5 средних значений, относящихся к различным секундам, та же величина получилась равной $\pm 0,002_5$. Расхождение между двумя этими значениями может быть объяснено ошибками секунд хронометра, и в таком случае их квадратичное среднее значение Δ_m есть:

$$\Delta_m = \sqrt{2,6^2 - 1,8^2} \cdot 10^{-3} = \pm 0,002 \dots \dots \dots (8)$$

Заметим, что точно такое же значение для Δ_m было получено проф. Ф. И. Блумбахом, как побочный результат при исследовании электро-камертона к бомбе Сарро и Вьеля при помощи того же хронометра. Поэтому надо считать, что число $\pm 0,002$ характеризует достаточно надежно прерыватель хронометра 674 N*.

§ 4. Способ С. Основан он на сравнении двух часов: звездных и средних, из которых каждые не свободны от ошибок с минутным периодом. Любой отчет b_i по ленте хронографа дает уравнение:

$$\Delta_i - \Delta'_i + B_i = b_i, \dots \dots \dots (9)$$

где Δ_i — поправка некоторой секунды первых часов, пишущих верхним пером, Δ'_i — поправка некоторой иной секунды вторых часов, пишущих нижним пером, B_i — отчет, который имел бы, место при идеально правильных прерывателях обоих часов. Величины B_i и b_i меняются вследствие относительного хода часов, который велик, ибо нами взяты звездные и средние часы. По этой же причине уже спустя короткое время (примерно, за 6 минут набегает 1 секунда) секунды одних секунд смещаются относительно секунд вторых. При соответствующем выборе момента

второго сличения мы можем добиться, чтобы отчеты C_i давали теперь уравнение вида:

$$\Delta_i - \Delta_{i-2} + C_i = c_i, \dots \dots \dots (10)$$

где C_i — отчеты при идеальных прерывателях часов.

Таким же точно образом получаются всякие иные комбинации поправок прерывателей этих двух часов.

Дальнейшее решение можно провести двумя путями. Во-первых, путем вычитания уравнения вида (9) из уравнений вида (10) мы можем исключить поправки Δ_i первых часов, иными словами — свести решение задачи способа С к решению способа А.

Как мы знаем, способ А выгоден тем, что позволяет использовать материал случайного характера. Но эта незначительная выгода не окупает возникающей при этом потери во времени и неравноценности получаемых значений. Это заключение подтвердилось и на опыте, в котором были использованы ежедневные сличения часов 68 R ⊙ и 67 R * за июль месяц 1917. По применявшейся тогда программе сличений часы 68 R ⊙ сравнивались каждый день дважды, при чем всегда отчитывались все 30 нечетных секунд каждой минуты (измерения произведены мною и М. А. Афанасьевым). В результате обработки полученных таким образом 1860 отчетов найдены значения поправок прерывателя часов 68 R ⊙, приведенные в столбце 4 (вариант с таблицы 1). Средние ошибки отдельных значений колеблются в пределах от $\pm 0,000_2$ до $\pm 0,002_1$ (последней мы в дальнейшем характеризуем точность всего ряда), а средняя ошибка одного отчета равна $\pm 0,005_4$.

Второй путь решения нашей задачи может быть осуществлен на основании принятого нами ранее условия:

$$\Sigma \Delta_i = \Sigma \Delta_j = 0 \dots \dots \dots (11)$$

где i и j принимают все нечетные значения от 1 до 59.

Это условие мы выполним, если произведем тридцать сличений, таким образом расположенных во времени, чтобы одна и та же i секунда одних часов комбинировалась по разу со всеми возможными значениями j секунд вторых часов. Для нашего случая средних и звездных часов необходимые наблюдения могут быть выполнены в течение, примерно, 6 часов. Заметим, что такой непрерывный ряд наблюдений является только желательным, но не обязательным. Итак, мы имеем нужное число уравнений, связывающих поправку Δ_i по одному разу со всеми возможными поправками Δ_j вторых часов. Образует из всех таких уравнений среднее и напомним его в таком виде:

$$\Delta_i + M_j = m_i \dots \dots \dots (12)$$

В результате мы пришли к уравнению (4) способа В и можем, следовательно, решить совокупность подобных уравнений, относящихся ко всем допустимым значениям i , таким же образом, как это было описано раньше.

Очевидно, что тот же самый ряд наблюдений может быть использован и для получения поправок Δ_j вторых часов. Для этого нам достаточно сгруппировать все уравнения по номерам j и дальше решать уже описанным способом.

Этот вариант способа С (вариант С) был испытан на тех же часах 68 R \odot и 67 R \ast и в дальнейшем неоднократно прилагался и к различным другим комбинациям часов. Во всех этих случаях выполнялось 31 сличение при чем крайние из них служили для вывода относительного хода часов. Измерения сличений (всего требовалось 930 отчетов) шли обычно параллельно с наблюдениями, так как между отдельными сравнениями оставались промежутки примерно в 10 незаятых минут. Промер начинался всегда с одной и той же 59 секунды одних часов, а все соответствующие отчеты данной минуты прямо заносились в одну строку вычислительной схемы. В результате всех измерений получалась, следовательно, таблица, по столбцам которой располагались уравнения, связывающие одну и ту же ошибку Δ_i со всеми допустимыми Δ_j , а по диагоналям — уравнения с одинаковыми Δ_i , но различными Δ_j . Дальнейший ход решения протекал в соответствии с формулами (12), (4), (5), (6) и (7). Полученные значения приведены: для часов 68 R \odot — в столбце 5 таблицы I, для часов 67 R \ast — в столбце 2 таблицы II. Средняя ошибка каждого из значений равна $\pm 0^{\circ}000_8$, а одного отчета $\pm 0^{\circ}004_8$.

§ 5. Сравнительная оценка различных методов. Из всех описанных способов (А и В) и вариантов (с и С) практически пригодными можно признать способ В и вариант С. Два остальных: А и с дают искомые величины Δ_i с различными внутри данного ряда значений точностями, а вместе с тем требуют значительно, большей затраты труда. Последнее можно видеть из приведенных в таблице I чисел использованных отчетов. Далее, мы приведем раньше соответствующие четыре значения средних ошибок одного отчета:

$$\pm 0^{\circ}006_8 (A), \pm 0^{\circ}004_8 (B), \pm 0^{\circ}005_8 (c) \text{ и } \pm 0,004_8 (C).$$

Они, опять-таки, указывают на пониженную точность результатов А и с. Это — естественно и происходит вследствие особого характера материалов А и с. Измерения А приходилось, в виду большой длины промеряемых интервалов, выполнять в значительно менее удобных условиях, чем обычно. Помимо того на них, очевидно, должны целиком сказываться случайные колебания хода хронографа. Измерения с, выполнявшиеся двумя различными наблю-

Таблица II.—Tableau II.

Поправки секунд часов 67 R* и 81 R* за минутный период
 Corrections des secondes des pendules 68 R* et 81 R* (periode une minute)
 (В тысячных долях секунды.—Unité 0,001 de la seconde).

Часы—Pendule	Riefler № 67*					Riefler № 81*		
Эпоха—Date	1918 XI. 22	1918 XII. 28	1922 XII. 7	1927 IV. 15	1931 III. 11	1922 I. 23	1927 II. 23	1931 III. 29
Наблюдатель—Observateur	P	P	P	B et Rs.	PvetRm	P	T	Rig
Способ—Méthode	C	C	C	B	B	C	B	B
Число отчетов Nombre des lectures	465	465	465	1500	900	475	600	1500
Вес—Poids	1,0	1,0	1,0	1,7	1,0	1,0	0,7	1,7
ϵ_1	$\pm 0,8$	$\pm 0,8$	$\pm 0,8$	$\pm 0,6$	$\pm 0,8$	$\pm 0,8$	$\pm 1,0$	$\pm 0,6$
№№ секунд Nos des secondes								
1	-1	0	0	0	-2	-12	-4	-8
3	-2	-2	0	0	-3	-31	-9	-8
5	-2	0	-1	+1	0	+2	-3	-5
7	+2	+2	+5	+2	+1	+12	-8	-8
9	+1	+2	+2	+3	+3	-9	-15	-9
11	+4	+2	+4	+3	+2	-14	-4	-9
13	+3	+4	+4	+3	+4	-33	-11	-9
15	+4	+3	+4	+3	+3	+8	-12	-7
17	+4	+5	+6	+5	+5	+12	-5	-3
19	+6	+7	+6	+6	+6	+5	-2	0
21	+4	+5	+5	+5	+6	-14	-6	0
23	+5	+4	+4	+4	+7	-7	-8	+2
25	+4	+3	+5	+3	+5	-4	-5	+2
27	+3	+5	+6	+4	+6	+23	+7	+9
29	-2	0	0	+1	-2	+19	+15	+10
31	+4	+4	+5	+2	+7	+24	+5	+12
33	+4	+3	+2	0	+2	+10	+1	+6
35	-1	-2	+1	-2	0	+22	+6	+3
37	0	-1	-2	-1	-2	-1	+14	0
39	-3	-3	-3	-3	-4	+4	+11	+2
41	-1	-2	-2	-4	-1	+7	+10	+4
43	-3	-2	-6	-5	-4	+10	+10	+10
45	-7	-8	-7	-6	-6	+24	+11	+7
47	-2	-3	-5	-3	-4	-2	+6	+5
49	-5	-7	-9	-5	-8	+2	+2	+5
51	-1	-3	-3	-3	-2	-2	+8	-1
53	-4	-3	-6	-4	-5	-6	+6	-1
55	-5	-6	-7	-5	-5	-2	-2	-3
57	-2	-2	-2	-1	-3	-28	-11	-4
59	-6	-6	-5	-3	-7	-19	-9	-2

дателями в течение целого месяца, точно так же не могли быть до такой степени однородны, как измерения В и С. Тут должны были отражаться, например, такие причины, как личные ошибки наблюдателей, непостоянство этих ошибок, случайная неравномерность хода хронографа и т. п. Ряды измерения В и С, производившиеся, правда, в разное время, но зато одинаково внимательным образом и на одинаково тщательно отрегулированных приборах, и должны были, поэтому, показать наивысшую точность, что на самом деле и обнаружилось. Полученная при этом средняя ошибка $\pm 0,004$, надо считать, соответствует реальному пределу точности таких измерений. Действительно, каждую наводку (выполняется невооруженным глазом) можно произвести не точнее $\pm 0,1$ шп, а так как каждый отчет требует двух наводок, то, пренебрегая параллаксом и прочими неточностями компаратора, находим для ошибки отсчета $\pm 0,14$ шп или $\pm 0,004$. Согласие этих двух значений между прочим указывает, что случайные ошибки отдельных сигналов часов невелики.

Итак, речь может идти только о выборе между способом В и вариантом С. Если дело идет о получении результатов средней точности, что может быть выполнено на основании 5—15 сличений, то безусловно более удобным будет способ В. Если же задаются пожеланием получить более надежный результат, что потребует уже не менее 25—30 сличений; и если, тем более, поправки за минутный период ищутся для нескольких звездных и средних часов, то более экономичным явится вариант С, позволяющий провести одновременно исследование двух часов при том же количестве отчетов, что и в способе В. Некоторая утомительность, вытекающая из строгого распределения сличений во времени, может быть при этом устранена путем выполнения всей операции в два, три или более приемов.

Результаты всех четырех определений поправок Δ , для часов 68R \odot были объединены в один средний весовой результат (столбец 6, таблица I). Согласие этих четырех рядов дало для средних ошибок единицы веса и самого окончательного вывода значения $\pm 0,001$, и $\pm 0,000$, последнее в хорошем согласии с теоретически ожидаемой ошибкой вывода $\pm 0,000$.

Для контроля полученных значений Δ , вскоре было произведено по способу (варианту) С новое определение этих же величин для тех же часов 68R \odot и 67R \ast . Запись на хронографе производилась по описанной схеме, но с той лишь разницею, что теперь основным нижним пером писали те часы, которые в предшествующем опыте писали верхним. Полученные результаты показаны соответственно в столбцах 7 и 3 таблиц I и II. Согласие этих рядов с прежними оказалось близким к теоретически ожидаемому. Так для часов 68R \odot для средней ошибки этого ряда (столбец 7, таблица I) получено значение $\pm 0,001$.

вместо ожидаемой $\pm 0,000_s$, для часов 67 R * $\pm 0,000_1$, вместо ожидаемой $\pm 0,000_s$.

§ 6. Изменяемость поправок за минутный период. Набранный за период 1918—1931 гг. материал позволяет судить и об изменяемости поправок за минутный период. В выполнении наблюдений и их обработке принимали участие в разное время различные сотрудники ВИМС, а именно: автор (Р), М. А. Афанасьев (А), В. А. Финикова (Ф), О. К. Блумберг (В), В. А. Россовская (Rs), С. М. Терешкова (Т), Л. В. Романова (Rm) и практикант П. А. Павлов (Pv). В скобках рядом с фамилиями участников работы приведены условные сокращения их фамилий. Результаты наблюдений даны в таблицах I и II, причем наблюдения близкие по времени (это относится к годам 1927 и 1931) были предварительно объединены в соответствующие весовые средние. Там же в таблицах указана эпоха наблюдения, наблюдатель, примененный метод (буквами А, В, с и С в соответствии с предшествующими параграфами); число сделанных отчетов (в методе С при одновременном исследовании двух часов на долю каждого приходилось по 465 отчетов) вес данного ряда значений, ϵ_1 — средняя ошибка ряда, выведенная по его внутреннему согласию и, в некоторых случаях, ϵ_0 — средняя ошибка, определенная по согласию близких по времени рядов. (см. табл. I и II).

Уже беглый просмотр таблиц I и II обнаруживает реальные изменения поправок за минутный период в часах 68 R \odot и 81 R * где мы имеем согласие отдельных рядов в пределах ошибок наблюдений и округлений. Отмеченные изменения особенно рельефно проявляются в часах 81 R *. Правда, все ряды, взятые отдельно для часов 68 R \odot и 81 R *, обнаруживают между собою некоторое сходство, но, как уже говорилось, в реальности изменений поправок за минутный период не может быть никаких сомнений. Эти изменения могут быть очень легко объяснены жизнью часов за этот период.

Так, часы 68 R \odot в феврале и в июле—августе 1919 г. подвергались весьма солидному ремонту вплоть до смены камнепалетты на якорь и регулировки ширины самого якоря. Точно так же в сентябре—ноябре 1922 г. регулируются спадение спуска, и часы пускают в ход с открытым краном цилиндра (к тому времени стеклянный колпак этих часов потерял свою герметичность).

Часы 81 R * подвергались еще более частым регулировкам с полной разборкой механизма, со сменой камнепалетт, со суживанием якоря, с переноской часов с одного места установки на другое. В журналах нормальных часов лаборатории времени есть такие пометки в 1925, 1926, 1928, 1930 и 1931 гг. Замечательно, что хотя зубцы ходовых и контактных колес этих часов **вообще**

не были тронуты, поправки за минутный период показывают от раза к разу весьма заметные улучшения.

Что же касается часов 67 R*, то они подвергались за все это время чистке только один раз в апреле 1927, выполненной старшим научным сотрудником И. И. Кварибергом с большою осторожностью в смысле сохранения первоначальной регулировки. В результате все отдельные определения на протяжении более чем 12 лет показывают прекрасное согласие.

Таблицы I и II вместе с тем указывают, что поправки за минутный период для часов 68 R \odot имеют случайный характер, между тем как в часах 67 R*, и особенно 81 R*, они обнаруживают явный синусоидальный характер, связанный с эксцентриситетом соответствующих колес.

Выводы. 1) Для быстрых и приближенных определений поправок за минутный период удобен способ Wapach'a (способ B), основанный на сличении испытуемых часов с часами с маятниковым прерывателем, или вообще с иным прибором (камертон и т. п.), дающим равномерную шкалу времени.

2) Для быстрого определения этих величин для двух часов: одних звездных, других средних, наиболее выгоден способ, развитый автором (вариант C) и основанный на взаимном сличении этих часов по строгой программе.

3) Какие-либо иные хронографические методы (например, способ A измерения абсолютных интервалов по ленте и т. п.) для данной цели выгод не представляют.

4) Всякий ремонт или регулировка часов может явиться причиной, вызывающей изменения поправок за минутный период и поэтому должен, поскольку это требуется условиями работы, сопровождаться новым определением этих величин.

5) Самопроизвольные изменения поправок за минутный период, вообще говоря, отсутствуют.

Считаю своим приятным долгом выразить глубокую благодарность всем лицам, так или иначе содействовавшим выполнению этого исследования.

SUR LES METHODES CHRONOGRAPHIQUES POUR EXAMINER LES INTERRUPTEURS A ROUE DANS LA PENDULE

N. C. Preipitch

(Résumé)

On met à l'étude trois méthodes possibles pour examiner des interrupteurs des pendules à l'aide du chronographe.

La méthode A fondée sur la mesure d'intervalles absolus est analogue au problème de calibrage des thermomètres et d'étalonnage des sous-divisiones d'une règle et se résout d'après les formules

pareilles à celles (2) et (3) du texte russe. On a adopté dans ces formules les significations: Δ_i — les corrections des secondes i de la pendule (ayant la période d'une minute) pour la réduction de l'indication nominale de la pendule à l'échelle de seconde idéale, L_{10} et L'_{12} — les longueurs absolues sur le ruban d'intervalles idéals de 10 — ème 12 — ème et secondes, l_i et l'_i — les longueurs mesurées au fait de divers intervalles 10 — ème et 12 — ème secondes. Toutes les valeurs de Δ_i sont subordonnées à la condition: $\Sigma \Delta_i = 0$, où i n'accepte, dans les conditions de l'I. M. S. que les valeurs impaires.

La méthode B présupposant la présence des pendules à interrupteur idéal (s'y approchent les interrupteurs à pendule) se résout d'après les formules (4), (5), (6) et (7) du text russe. Les significations nouvelles introduites sont: A_i — la lecture idéale sur le ruban, a_i — la lecture faite réellement, N — la valeur des lectures A_i après la correction pour la marche relative de la pendule, a'_i — les lectures réelles corrigées pour la marche.

La méthode C dissout le problème dans le cas le plus général, quand les interrupteurs de deux pendules à examiner possèdent des erreurs systématiques. Si les comparaisons des pendules ont le caractère casuel (variante c), les formules (9), (10), par la soustraction de l'une d'elles de l'autre réduisent le problème à la méthode A. Si l'on produit les comparaisons à un tel propos que chaque seconde soit combinée, à une seule fois, avec toutes les secondes de l'autre pendule, par exemple, les pendules sidérales et les moyennes, les formules (11) et (12) réduisent cette variante C à la méthode B et donnent les valeurs des corrections Δ_i et Δ'_i aussi bien pour l'autre pendule. Les nouvelles significations de ces formules sont: Δ'_i — les corrections des secondes de l'autre pendule; B_i et C_i — les lectures idéales, b_i et c_i — les lectures réelles dans les deux comparaisons différentes, M_i — la moyenne de toutes les lectures idéales unissant les secondes i de l'une pendule à une seule fois avec toutes les secondes i de l'autre, m_i — la moyenne correspondante des lectures réelles.

Il est supposé dans toutes ces formules que le ruban pendant la mesure soit disposé de la même manière qu'à l'enregistrement, que les signaux de la première pendule (Δ_i) soient écrites par la plume supérieure (la ligne supérieure) et de la seconde (Δ'_i) — par la plume inférieure.

Les résultats des observations recueillis pendant 1918 — 31 années, (tableaux I et II) montrent que l'application de la méthode B et de la variante C dans les conditions de l'I. M. S. (chronographe de Hipp, la longueur de la seconde est de 35 — 40 mm) donnent les valeurs des corrections Δ_i et Δ'_i avec une erreur moyenne de l'ordre de ± 0.001 , avec une perte de travail relativement insignifiante. En outre, ces tableaux nous convainquent que les corrections Δ_i peuvent varier en

dépendances de réglages et de montages, auxquels la pendule est soumise. Ainsi les pendules 68 R \odot et 81 R \ast qui ont subi de sérieuses remontes, montrent de fortes variations des valeurs Δ_i ; la pendule 67 R \ast , qui a subi un nettoyage assez circonspect, montre, à cause de cela, une parfaite constance (dans les limites des erreurs d'observation) des corrections des secondes. Les corrections Δ_i pour les pendules 67 R \ast et 81 R \ast ont le caractère sinusoïdal montrant l'excentricité des roues.

Au cours des observations et de leur élaboration l'auteur fut aidé aimablement par M. A. Afanassiev (A), V. A. Finikova (T), O. K. Blumberg (B), V. A. Rossovskaïa (Rs), S. M. Térechkova (T), L. V. Romanova (Rm) et P. A. Pavlov (Pv), à qui il est redevable de sa la plus profonde reconnaissance.

Conclusions. 1) Pour déterminations rapides et approximatives des corrections des secondes ayant la période d'une minute il est à recommander la méthode B basée sur la comparaison de la pendule à examiner avec une pendule à un interrupteur idéal ou avec un autre appareil (diapason ou un autre) donnant une échelle de temps bien égale.

2) Pour déterminations rapides de ces valeurs pour deux pendules, l'une sidérale, l'autre moyenne, il est d'une grande utilité la méthode développée par l'auteur (variante C) et fondée sur la comparaison mutuelle de ces pendules d'après un programme bien rigoureux.

3) Autres méthodes chronographiques (par exemple, la méthode A, les mesures des intervalles absolus sur le ruban etc.) pour le but donné n'ont que peu d'avantages.

4) Toute remonte ou réglage de la pendule peut être la cause provoquant des variations des corrections des secondes, et pour cela ils doivent être accompagnés par une nouvelle détermination de ces valeurs.

5) Des changements arbitraires des corrections des secondes, en général, sont nulles.

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ЭКСТРАПОЛЯЦИИ ПОПРАВОК ЧАСОВ

Н. Х. Прейпич

1. Теоретическое обоснование. В повседневной работе служб времени играет немаловажную роль вопрос об экстраполяции поправок часов, так как, с одной стороны, от точности этой операции зависит точность передаваемых сигналов или иных сообщаемых справок о времени, а, с другой стороны, рациональное решение этого вопроса может сберечь заметное число часов вычислительной работы.

Примем за основу формулу линейной экстраполяции, так как формулы иного вида — с членами высших порядков — будут в большей степени зависимы от случайных ошибок наблюдаемых поправок часов.

Согласно теории В. Waпach'a,¹ ϵ_{aj}^2 — квадрат средней ошибки экстраполированной поправки часов есть:

$$\epsilon_{aj}^2 = \left[\frac{(a+j)^2}{a^2} + \frac{j^2}{a^2} \right] \epsilon^2 + \frac{j(a+j)}{6a} (2aj+1) \delta^2, \dots (1)$$

где ϵ — средняя ошибка наблюдаемых поправок δ — средняя вариация суточного хода часов, a — интервал между исходными поправками в сутках, j — интервал экстраполяции в сутках же.

Waпach же отметил, что при современных точностях часов и наблюдений невыгодно исходить из очень близких поправок, т. е. брать a равным малому числу суток. Так, например, для часов Потсдама он считал наиболее пригодным $a=7$.

Сообразно с этим лаборатория времени ВИМС обычно использовала для экстраполяции поправок своих часов наблюдения, отделенные интервалами от 9 до 15 суток. Но этот принцип имеет свои неудобства. Во-первых, при этом не используются промежуточные наблюдения, если таковые есть, а во-вторых, каждое новое наблюдение заставляет перечислять формулу экстраполяции, так как исходные данные меняются. В случае учета каких-либо факторов, влияющих на ход часов, как, например, температуры, давления и т. д., определяющих средний ход часов за данный интервал времени, такие вычисления становятся еще более затруднительными.

¹ А. N. № 4546. Über die Genauigkeit der extrapolierten und interpolierten Uhrkorrekturen. Н. Х. Прейпич. Теория ошибок в приложении к часам — Временник ВИМС, вып. 2 (18) Ленинград 1932 г.

Эти обстоятельства заставили лабораторию времени работать над изысканием более точного и удобного метода экстраполяции. Конечно, для этой цели можно было бы применить графическое уравнивание наблюдений, как это, например, делало Bureau International de L'Heure (B. I. H.) в 1920—26 гг., т. е. нанести на график наблюдаемые в течение известного периода поправки часов, провести сглаживающую прямую и продолжить ее. Каждое новое наблюдение, нанесенное на график, будет тогда соответственным образом менять направление прямой. Но графический метод также нельзя признать достаточно удобным, ибо он требует чертежа в довольно крупном масштабе, а также требует выполнения дополнительных вычислений для преобразования результатов наблюдений к виду, удобному для графического изображения. Эти вычисления кроме того осложняются систематическими изменениями в ходах часов, заставляющими довольно часто менять формулы преобразования.

Уравнивание наблюдений по способу наименьших квадратов с целью вывода формулы экстраполяции казалось нам еще менее приемлемым, ибо вычислительные затруднения при этом заметно возросли бы. Даже более простое уравнивание по способу Коши также не представляет достаточных удобств. Ведь все эти вычисления осложняются необходимостью составления новых уравнений в соответствии с каждым новым наблюдением поправки часов.

В силу этих соображений лаборатория времени остановилась на следующем методе, представляющем собою развитие уже упоминавшегося метода экстраполяции по двум достаточно удаленным наблюдаемым поправкам.

Установим прежде всего наимыгоднейшее для данной комбинации вариаций часов и ошибок астрономических наблюдений значение интервала a между исходными или опорными поправками. Вообще говоря, средняя ошибка экстраполированной поправки по самому существу своему всегда нарастает. Поэтому требование минимума средней ошибки экстраполированной поправки без дополнительных ограничительных условий смысла не имеет.

Но взамен этого можно поставить требование минимума средней ошибки экстраполированного хода, ибо это обеспечивает наиболее медленное нарастание ошибки экстраполированной поправки.

В соответствии с теорией Ванача, $\varepsilon_{2-j(j+1)}$ — квадрат средней ошибки экстраполированного хода часов — выражается формулой:¹

$$\varepsilon_{2-j(j+1)}^2 = \frac{2}{a^2} \varepsilon^2 + \left[\frac{(2a-1)(a-1)}{6a} + j + 1 \right] \delta^2 \dots \quad (2)$$

¹ Временник ВИМС, цитированная выше статья.

минимум этой ошибки имеет место при значениях a , определяемых уравнением:

$$2a^3 - a - 24 \frac{\epsilon^2}{\delta^2} = 0 \dots \dots \dots (3)$$

Так как точность современных нормальных часов значительно превышает точность наблюдаемых поправок часов, т. е. отношение $\frac{\epsilon^2}{\delta^2}$ во много раз превышает единицу, и так как само a должно быть определено только в целых числах, то уравнение (3) может быть заменено следующим приближенным¹:

$$a \approx \sqrt[3]{12 \frac{\epsilon^2}{\delta^2}} \dots \dots \dots (4)$$

В условиях ВИС

$$\epsilon = \pm 0,034; \delta = \pm 0,003, \text{ т. е. } \frac{\epsilon^2}{\delta^2} = 106 \text{ и, значит, } a = 11 \text{ суткам.}$$

Итак, в условиях лаборатории времени ВИС наивыгоднейшая экстраполяция поправок часов имеет место при интервале в 11 суток между опорными поправками часов.

Остановимся теперь на вопросе о точности экстраполированных поправок. Формула (1) предполагает, что наблюдаемые поправки имеют равную точность. Если же эти наблюдения не одинаково точны, т. е. если первая опорная поправка имеет вес p_1 , а вторая — вес p_2 , то формула (1) заменяется следующей:

$$\epsilon_{aj}^2 = \left[\frac{j^2}{a^2} \cdot \frac{1}{p_1} + \frac{(a+j)^2}{a^2} \cdot \frac{1}{p_2} \right] \epsilon^2 + \frac{j(a+j)}{6a} (2aj+1) \delta^2 \dots \dots (5)$$

Нетрудно видеть, что при сколько нибудь значительных наивыгоднейших a точность экстраполированной поправки зависит лишь от веса второй из наблюдаемых поправок, если только вес первой из наблюдаемых поправок не будет в несколько раз меньше единицы. Действительно, при малых j , когда вариации часов сказываются незначительно, первый член коэффициента при ϵ^2 будет в несколько раз меньше второго члена того же коэффициента и, следовательно, решающую роль будет играть вес второй наблюдаемой поправки часов. При больших же j ошибка экстраполированной поправки часов обуславливается почти исключительно вариациями часов, а влияние ошибок наблюдений становится относительно весьма малым. Поэтому, если

¹ Решение большей точности нетрудно получить путем нескольких приближений.

только a имеет близкое к наивыгоднейшему значение, точность экстраполированной поправки достаточно оценивать формулой:

$$\epsilon_{a_j}^2 = \left[\frac{j^2}{a^2} + \frac{(a+j)^2}{a^2} \cdot \frac{1}{p^2} \right] \epsilon^2 + \frac{j(a+j)}{6a} (2aj+1)\delta^2, \dots (6)$$

вытекающей из формулы (5), при $p_1 = 1$.

Это обстоятельство позволяет, как мы увидим из ниже-следующего, выполнить уравнительные вычисления для нахождения экстраполяционной формулы простейшим образом.

Пусть у нас имеются две наблюдаемые поправки u_1 и u_2 , отделенные интервалом в a суток. Тогда u_j — экстраполированная за j суток поправка будет:

$$u_j = u_2 + u_j, \dots (7)$$

где:

$$\omega = \frac{u_2 - u_1}{a} \dots (8)$$

Пусть, далее, спустя эти же j суток после поправки u_2 наблюдается новая поправка u_3 . Найдем для того же момента наблюдений новое значение u'_3 уравненной поправки, учитывающей также и результаты наблюдений u_1 и u_2 .

Очевидно, что для этого нам достаточно объединить в весовое среднее наблюдаемую поправку u_3 , вес p_0 которой определится в зависимости от обстоятельств наблюдения, и экстраполированную поправку u_j , вес которой p_j определится в соответствии с формулой (6). Итак, уравненное значение поправки u_3 есть:

$$u'_3 = \frac{1}{p_0 + p_j} (u_3 p_0 + u_j p_j), \dots (9)$$

или, что является более удобным для вычислений,

$$u'_3 = u_j + \Delta u, \dots (10)$$

где:

$$\Delta u = \frac{p_0}{p_0 + p_j} (u_3 - u_j), \dots (11)$$

Мы, таким образом, получили новую вторую опорную поправку, отражающую результаты всех наблюдений: u_1 , u_2 и u_3 .

Но для экстраполяции нам необходимо иметь еще одну опорную поправку, предшествующую имеющейся, при чем желательно, чтобы она отделялась наивыгоднейшим интервалом в a суток. Такой наблюдаемой поправки у нас нет. Возьмем, поэтому, за первую опорную поправку — поправку u_1 интерполированную между наблюдениями u_1 и u_2 , за те же j суток, т. е. возьмем:

$$u_i = u_1 + \omega j, \dots (12)$$

Это мы можем сделать, во-первых, потому, что точность интерполированной поправки обычно не ниже точности наблюдаемых поправок, а, во-вторых, потому, что, как мы в этом убедились раньше, вес первой из применяемых для экстраполяции опорных поправок существенного значения не имеет. Мы получим тогда новый ход ω_1 часов равный:

$$\omega_1 = \frac{u'_2 - u_1}{a} \dots \dots \dots (13)$$

Преобразуем это выражение в более удобное для вычислений, пользуясь уравнениями (7), (8), (10) и (12). Получаем:

$$\omega_1 = \frac{1}{a} [u_j + \Delta u - u_1] = \frac{1}{a} [u_2 + \omega j + \Delta u - u_1 - \omega j],$$

или:

$$\omega_1 = \frac{u_2 - u_1}{a} + \frac{\Delta u}{a} \dots \dots \dots (14)$$

а, затем, положив:

$$\frac{\Delta u}{a} = \Delta \omega \dots \dots \dots (15)$$

имеем окончательно:

$$\omega_1 = \omega + \Delta \omega \dots \dots \dots (16)$$

Присоединим еще сюда формулу, определяющую вес экстраполированной поправки (см. 6):

$$p_1 = \varepsilon^2 : \left\{ \left[\frac{j^2}{a^2} + \frac{(a+j)^2}{a^2} \cdot \frac{1}{p_2} \right] \varepsilon^2 + \frac{j(a+j)}{6a} (2aj+1)\varepsilon^2 \right\} \dots \dots (17)$$

Формулы (10), (11) (15), (16) и (17) вполне решают вопрос об уравнивательных вычислениях для экстраполяции поправок часов. Действительно, на основании формулы (17) нетрудно составить таблицу весов экстраполированных поправок. Тогда каждое новое наблюдение позволяет путем очень малого числа арифметических действий найти сначала исправление экстраполированной поправки, отнесенное к моменту наблюдения, а затем и исправление принятого для экстраполяции хода.

Итак, все уравнивательные вычисления сводятся к последовательному применению таблицы весов (по 17) и формул вида (11), (15) и (16) к каждому новому наблюдению. Каждое такое наблюдение дает улучшенную формулу экстраполяции и вместе с тем повышает вес нашей суммарной второй опорной поправки часов, отражая тем самым степень совокупного влияния всех результатов наблюдений. Это возрастание веса¹ имеет свой предел, дости-

¹ Нетрудно доказать, что одновременно с возрастанием веса суммарной второй опорной поправки возрастает также и вес первой опорной поправки.

гаемый после некоторого количество ежедневных наблюдений и именно тогда, когда падение веса суммарной второй поправки, вследствие экстраполяции за сутки, равно приращению веса, вносимому вовлечением в уравнивание результата нового наблюдения.

В практике подобных уравнивательных вычислений возможен еще случай, когда $j > a$, т. е. когда новая поправка u_3 получена спустя большее число суток, чем наивыгоднейшее, после второй опорной поправки. Тогда новый ход следует искать по формулам:

$$\omega_1 = \frac{1}{j} (u'_3 - u_2) = \omega + \Delta\omega, \dots \dots \dots (18)$$

где :

$$\Delta\omega = \frac{\Delta u}{j} \dots \dots \dots (19)$$

Отметим еще одно видоизменение этих вычислений. Иногда наблюдения дают ряд новых близких по времени поправок. Для каждой из них может явиться нежелательным выполнение всех вычислений, намечаемых предшествующими формулами, т. е. отыскание исправления по первому наблюдению, экстраполяция на второе наблюдение, отыскание нового исправления и т. д. Эти вычисления можно упростить следующим образом.

Пусть поправки u_3 , u_4 и u_5 наблюдаемы в сутки с номерами j_3 , j_4 и j_5 (считая от поправки u_2), причем последняя поправка отстоит от поправки u_2 на число суток, не превосходящее a , т. е. $j_5 \leq a$.

Проекстраполируем поправки u_3 и u_4 к моменту последней наблюденной поправки u_5 , пользуясь ходами, вытекающими из сравнения с поправками, интерполированными на интервале u_1 и u_2 . В результате этих экстраполяций, выполняемых за $(j_5 - j_3)$ и $(j_5 - j_4)$ суток, находим:

$$u_{5,3} = u_3 + \frac{j_5 - j_3}{a} (u_2 - u_1) \dots \dots \dots (21)$$

$$u_{5,4} = u_4 + \frac{j_5 - j_4}{a} (u_2 - u_1) \dots \dots \dots (22)$$

Присоединим сюда поправки: $u_{5,3}$ — экстраполированную, исходя из значений u_1 , u_2 и u_5 , наблюденную в последний день.

Мы имеем, таким образом, к моменту наблюдения u_5 несколько отдельных значений поправки часов, при чем веса p_3 , p_4 , p_5 и p_j каждого из этих значений могут быть получены при помощи таблицы, выражающей формулу (17). Объединим все эти значения в одно весовое среднее. Это будет:

$$u'_5 = \frac{u_{5,3} \cdot p_3 + u_{5,4} \cdot p_4 + u_5 \cdot p_5 + u_j \cdot p_j}{p_3 + p_4 + p_5 + p_j} \dots \dots \dots (23)$$

Преобразуем эту формулу к виду более удобному, для вычислений. Прежде всего заметим, что:

$$\begin{aligned} u_{5,3}' &= u_3 - u_{j_3} + u_{j_3} + (j_5 - j_3)\omega - (j_5 - j_3)\omega + \\ &+ \frac{j_5 - j_3}{a} \cdot (u_3 - u_1 - \omega j_3) = \\ &= u_{j_5} + (u_3 - u_{j_3}) + \frac{j_5 - j_3}{a} (u_3 - u_1 - \omega \cdot a - \omega \cdot j_3) = \\ &= u_{j_5} + (u_3 - u_{j_3}) + \frac{j_5 - j_3}{a} (u_3 - u_2 - \omega \cdot j_3), \end{aligned}$$

или:

$$u_{5,3}' = u_{j_5} + \left[(u_3 - u_{j_3}) + \frac{j_5 - j_3}{a} (u_3 - u_{j_3}) \right], \dots (24)$$

ибо:

$$u_{j_5} = u_2 + \omega j_5; \quad u_{j_3} = u_2 + \omega j_3; \quad u_1' = u_1 + \omega j_3; \quad u_2 = u_1 + \omega a.$$

Точно так же:

$$u_{5,4}' = u_{j_5} + \left[(u_4 - u_{j_4}) + \frac{j_5 - j_4}{a} (u_4 - u_{j_4}) \right] \dots (25)$$

Теперь же, приняв обозначения:

$$\Delta' u_3 = u_3 - u_{j_3}; \quad \Delta u_3 = \Delta' u_3 + \frac{j_5 - j_3}{a} \Delta' u_3, \dots (26)$$

$$\Delta' u_4 = u_4 - u_{j_4}; \quad \Delta u_4 = \Delta' u_4 + \frac{j_5 - j_4}{a} \Delta' u_4, \dots (27)$$

$$\Delta u_5 = u_5 - u_{j_5}, \dots (28)$$

преобразуем без труда формулу (23) в окончательную:

$$u_5' = u_{j_5} + \Delta u, \dots (29)$$

где:

$$\Delta u = \frac{\Delta u_3 \cdot p_3 + \Delta u_4 \cdot p_4 + \Delta u_5 \cdot p_5}{p_3 + p_4 + p_5 + p_i} \dots (30)$$

Формулы (26) . . . (30) дают исправление² экстраполированной поправки для момента последнего наблюдения. Исправление принятого для экстраполяции хода мы получаем, как и раньше, по формуле:

$$\Delta \omega = \frac{\Delta u}{a} \dots (31)$$

¹ Подчеркнутые члены произвольно введены, для удобства вычислений.

² Исправления Δu и $\Delta \omega$ могут быть также довольно удобно получены с помощью графика. Если на него нанести величины $\Delta' u_3$, Δu_4 , Δu_5 и т. д., то тогда возникают обычные затруднения, обусловленные произвольностью графика.

Возникает вопрос, будет ли согласоваться результат, т. е. уравненное значение наблюдаемой поправки u_0 и нового хода ω_1 , полученных путем вычисления по формулам (26), . . . (31), с результатом последовательного применения формул (11), . . . (16). Так как все эти вычисления основаны на одних тех же положениях теории ошибок, то мы вправе ожидать согласия в пределах, не отражающихся на реальной точности экстраполяции. Это заключение вполне подтвердилось на нескольких рядах вычислений, предпринятых лабораторией времени при практическом использовании этого метода экстраполяции.

2. Практическое приложение метода. Только что изложенный метод экстраполяции поправок часов был применен к наблюдениям лаборатории времени за период с сентября 1929 г. по октябрь 1930 г., при чем способ вычислений слегка варьировался в соответствии с состоянием теоретической разработки этого вопроса.

Как мы уже упоминали, в условиях ВИМС можно было принять:

$$\varepsilon = \pm 0^{\circ}034 \quad \delta = \pm 0^{\circ}003_3$$

и следовательно:

$$a = 11 \text{ суткам.}$$

На основании этих чисел и формулы (17) была вычислена таблица I весов экстраполированных поправок, помещенная на стр. 96. Таблица имеет два входа: интервал экстраполяции J , выраженный в сутках, и вес p_2 второй (последней) опорной поправки. Особые два столбца этой таблицы дают: ε_{av} — среднюю ошибку экстраполированной поправки и Δu_{eo} — среднюю квадратичную разность наблюдаемой и экстраполированной поправок при условии $p_2=1$, т. е. при равном единиче весе второй опорной поправки. Заметим, что веса экстраполированных поправок меняются мало при известных изменениях a в сторону уменьшения и в особенности в сторону увеличения. Объясняется это крайне тупым минимумом функции $\varepsilon_{av}(J+J)$, изображающей зависимость ошибки экстраполированного хода от интервала a , как в этом можно убедиться из таблички:

a	$\varepsilon_{av,1}$	$\varepsilon_{av,11}$	a	$\varepsilon_{av,1}$	$\varepsilon_{av,11}$
1	$\pm 0^{\circ},048$	$\pm 0^{\circ},049$	11	$\pm 0^{\circ},008_{05}$	$\pm 0^{\circ},013_2$
2	24	.26	12	8 ₀₅	13 ₂
3	17	20	13	8 ₂	13 ₃
4	13	17	14	8 ₂	13 ₃
5	11	15	15	8 ₄	13 ₄
6	9 ₆	14 ₂	16	8 ₅	13 ₅
7	8 ₈	13 ₇	17	8 ₇	13 ₆
8	8 ₄	13 ₄	18	8 ₈	13 ₆
9	8 ₁	13 ₂	19	9 ₀	13 ₇
10	8 ₀₆	13 ₂	20	9 ₂	13 ₈

Столбцы $\epsilon_{\text{ср},j}$ дают средние ошибки хода, экстраполированного на ближайшие за наблюдением сутки ($j=0$); столбцы $\epsilon_{\text{ср},11}$ — то же самое, но для хода одиннадцатых суток после наблюдения ($j=10$). Табличка показывает вначале очень быстрое уменьшение этих ошибок (примерно до $a=4$), затем это уменьшение весьма замедляется и, наконец (около $a=13$), заменяется очень медленным возрастанием.

Это обстоятельство объясняет тот факт, что при $a=15$ была получена практически та же таблица весов, что и для $a=11$.

Таблица I. — Tableau I

Весы p_j экстраполированных поправок в зависимости от веса второй исходной поправки и интервала j экстраполяции, при основании $a=11$ суток
 Poids p_j des corrections extrapolées en fonction de p_2 — du poids de la deuxième correction de départ et de j — de l'intervalle d'extrapolation avec base $a=11$ jours

$j \backslash p_2$	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	$\epsilon_{\text{ср},j}$	$\Delta \mu_{\text{ср},0}$
1	0,41	0,81	1,19	1,56	1,92	2,28	2,86	3,45	$\pm 0,038$	$\pm 0,051$
2	0,33	0,63	0,89	1,14	1,32	1,50	1,83	2,10	0,043	0,055
3	0,27	0,48	0,64	0,78	0,89	0,99	1,13	1,26	0,049	0,060
4	0,22	0,36	0,47	0,55	0,61	0,66	0,73	0,79	0,056	0,066
5	0,18	0,28	0,35	0,40	0,44	0,46	0,50	0,53	0,064	0,073
6	0,14	0,22	0,26	0,29	0,31	0,33	0,35	0,37	0,073	0,080
7	0,12	0,17	0,20	0,22	0,24	0,24	0,26	0,27	0,082	0,089
8	0,10	0,14	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,20	0,092	0,098
9	0,08	0,11	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,102	0,108
10	0,07	0,09	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,113	0,118
11	0,06	0,07	0,08	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10	0,124	0,129
12	0,05	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,136	0,140
13	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,148	0,152
14	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,160	0,164
15	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,173	0,176
16	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,186	0,189
17	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,199	0,202
18	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,212	0,215
19	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,226	0,229
20	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,241	0,244

Поэтому приведенной таблицей весов можно без чувствительного ухудшения результатов пользоваться в пределах от $a=6$ до $a=20$, или, что то же самое, при отношениях $\left(\frac{e}{\delta}\right)$ от 4 до 26.

При практическом выполнении экстраполяции первое время (с сентября 1929 г. по май 1930 г.) применялась таблица с основанием $a=15$, а затем приведенная здесь таблица 1 с основанием $a=11$. Прочие обстоятельства вычислений были таковы: с сентября 1929 г. по февраль 1930 г. пользовались за малыми исключениями лишь первой системой формул (11), (16), при чем веса экстраполированных поправок были сначала исчислены только для веса $p_2=1$, т. е. все преимущества метода не были использованы. С марта по сентябрь 1930 г. включительно применялись единственно первая система формул и полная таблица весов. Экстраполяция проводилась по одним только часам, а именно в течение первых двух месяцев по часам Riefler № 860, а затем по часам Riefler № 680, но вполне очевидно, что указанный способ мог быть приложен одновременно и к нескольким часам, или к фиктивным „средним“ часам.

В качестве примера применения описываемого метода экстраполяции приведу несколько строк вычислительной схемы, в которую укладываются необходимые уравнильные вычисления.

1930	j	p_0	u_0	u_j	$u_0 - u_j$	p_2	p_j	$p_0 + p_j$	Δu	Δw	
IX.	8	8	1	+12,832	+12,740	+0,092	1,31	0,15	1,15	+0,080	+0,007
	15	7	1	10,186	10,228	-0,042	1,15	0,18	1,18	-0,036	-0,003
	16	1	1	9,906	9,872	+0,034	1,18	0,95	1,95	+0,017	+0,002
	20	4	1	8,340	8,376	-0,036	1,95	0,54	1,54	-0,023	-0,002
	21	1	1	7,932	7,935	-0,003	1,54	1,22	2,22	-0,001	0,000
	29	8	1	4,669	4,834	-0,165	2,22	0,17	1,17	-0,141	-0,013

Каждая строчка содержит все вычисления, необходимые для уравнивания одного наблюдения. Содержание столбцов следующее: 1) дата наблюдения, 2) интервал экстраполяции j , 3) вес наблюдённой поправки p_0 , 4) значение этой поправки u_0 , 5) значение u_j поправки, экстраполированной к моменту наблюдения, 6) разность $u_0 - u_j$, 7) вес p_2 второй опорной поправки (см. также дальше 9), 8) вес p_j — экстраполированной поправки, полученный по аргументам p_2 и j из таблицы 1, 9) сумма $p_0 + p_j$ весов наблюдённой и экстраполированной поправок, представляющая собою, вместе с тем, вес p_2 для следующего наблюдения, 10) окончатель-

ное исправление Δu экстраполированной поправки, получаемое делением разности $(u_0 - u_1)$ на $(p_0 + p_1)$ и 11) исправление $\Delta \omega$ экстраполированного хода равно $\frac{\Delta u}{11}$.

Экстраполированные поправки были сравнены как с наблюдаемыми поправками (это выполнялось в самом процессе экстраполяции), так и с уравненными интерполированными. Сравнение с наблюдениями представлено в таблице II. Если сопоставить данные этой таблицы с последним столбцом таблицы I, мы убедимся, что наблюдаемые отклонения в большинстве случаев меньше теоретических. Действительно, подсчет суммы квадратов наблюдаемых отклонений (по 11. XI. 1930 г.) дает значение:

$$\Sigma p \Delta^2 = 0,3437,$$

т. е. почти в два раза меньше теоретически подсчитанной $\Sigma = 0,6655$; иными словами наблюдаемые ошибки в среднем примерно в полтора раза меньше теоретических. Это обстоятельство позволяет до некоторой степени утверждать, что уравнительные вычисления по изложенному методу достигли цели — уменьшили среднюю ошибку экстраполированной поправки. С другой стороны, та же таблица II указывает и отрицательные стороны уравнивания — в периоды систематических изменений хода часов наблюдается знакопостоянство отклонений экстраполированных поправок. Но этот недостаток вызывается применением вообще всякого метода уравнивательных вычислений и не может быть поставлен в упрек методу, развитому в настоящей заметке.

Сравнение наблюдаемых и экстраполированных поправок обнаружило несколько случаев весьма малых ошибок на длительных интервалах экстраполяции и, наоборот, крупных ошибок на малых интервалах. В качестве примера первых ошибок приведу:

В ноябре-декабре 1929 г. при экстраполяции за 26 суток (от XI. 16 по XII. 12): 0^г13

В феврале 1930 г. при экстраполяции за 30 суток: 0^г12

В июле 1930 г. при экстраполяции за 10 суток: 0^г03

В качестве примера крупных отклонений отмечу ошибку 0^г16 в августе 1930 г. при экстраполяции за четверо суток. Такие крупные отклонения вызываются резкими изменениями хода часов, так называемыми „скачками хода“, которые во много раз превышают среднюю вариацию часов. Очевидно, что при наличии не-

Таблица II. Tableau II.

Сравнение наблюдаемых u_0 и экстраполированных u_j поправок.
 Comparaison des corrections observées u_0 et extrapolées u_j

1929 г.	$u_0 - u_j$	j	1930 г.	$u_0 - u_j$	j	1930 г.	$u_0 - u_j$	j
IX.	5 + 0,03 ^s	5	II.	10 0,00 ^s	9	VI.	28 - 0,04	8
	13 + 08	8		14 - 01 ^s	13		VII.	3 - 07
	19 - 15	6		18 - 03 ^s	17	11 + 01		8
	21 - 07	2		21 - 02 ^s	20	17 + 03		6
	26 - 08	5		III.	3 - 12 ^s	30	27 - 03	10
X.	2 - 05	6	6 + 01		3	31 - 02	4	
	3 - 05	1	12 - 01 ^s		9	VII.	7 00	7
	5 + 01	2	13 - 02 ^s		10		14 - 07	7
	9 - 02	4	17 - 03		4	16 - 05	2	
	18 - 14	9	23 - 08 ^s	10	20 - 16	4		
19 00 ¹	1	27 - 05	4	26 + 04	6			
+ 03 ¹		28 - 08 ^s	5	31 - 02	5			
25 - 06 ¹	6	30 - 13 ^s	7	IX.	8 + 09	8		
- 04 ¹		IV.	2 - 13 ^s		10	15 - 04	7	
30 + 02 ¹	5		7 - 13 ^s	15	16 + 03	1		
+ 05 ¹			9 + 02	2	20 - 04	4		
XI.	6 - 08 ¹		7	14 - 04	5	21 00	1	
	+ 01 ¹			15 - 01	1	29 - 16	8	
	11 + 07	5	21 - 02	6	X.	12 - 04	13	
	16 + 04	5	24 - 02	3		27 + 01	15	
	21 + 06	5	27 - 03	3	30 + 01	3		
22 + 05 ^s	6	V.	3 + 03	6	XI.	11 - 18	12	
24 - 01	2		8 + 10	5		16 + 02	5	
XII.	12 - 05		18	14 + 08	6	18 + 02	2	
	25 - 08	13	19 + 07	5	30 - 06	12		
	1930		24 - 02	5	XII.	2 - 03	2	
I.	7 - 14	13	30 - 04	6		12 + 15	10	
	18 - 10	11	VI.	5 - 09		6	14 + 02	2
	23 - 04	5		13 - 04	8	26 - 05	12	
	29 - 13	6	18 - 05	5	29 00	3		
II.	1 - 15 ^s	9	20 - 02	2	1931. I. 22	- 10	24	
	5 + 03	4						

¹ Верхние числа относятся к экстраполяции по часам 86 R ⊙, нижние — по часам 68 R ⊙

² Продолжена предшествующая экстраполяция.

добного скачка хода бессильны всякие методы выравнивания, ибо все эти методы основываются на допущении, что ход часов держится постоянным или, правильнее, претерпевает только незначительные изменения случайного характера.

Вполне ясно, что при обнаружении скачка хода, а такой скачок хода может быть обычно обнаружен по относительным ходам часов, к уравниванию и определению хода часов могут быть привлечены только те поправки, которые были наблюдаемы после скачка хода. Сообразно с этим в формуле (15), определяющей исправление первоначального хода, наш делитель a должен быть заменен иным — меньшим, равным числу суток, протекших с момента скачка хода. Так, например, пришлось поступить при экстраполяции за август 1930 г.¹

Сопоставление экстраполированных и интерполированных поправок дало следующие средние ² месячные отклонения:

1929 г. сентябрь	+ 0,053	1930 г. апрель	+ 0,010
" октябрь	34	" май	32
" ноябрь	22	" июнь	37
" декабрь	37	" июль	14
1930 г. январь	71	" август	30
" февраль	14	" сентябрь	42
" март	27	За весь период	+ 0,033

Если все отклонения расположить в порядке возрастания интервалов экстраполяции j , то мы получаем следующую табличку значений m_L арифметических средних таких разностей. Для сопоставления там же приведены подобные же данные m_{Pr} для часов Международного Бюро Времени (В. I. Н.)³

a	m_L	m_{Pr}	a	m_L	m_{Pr}
1	$\pm 0,013$	—	7	$\pm 0,050$	$\pm 0,038$
2	18	$\pm 0,032$	8	59	46
3	25	32	9	60	53
4	31	34	10	58	51
5	35	38	11	70	62
6	42	37			

При малых интервалах экстраполяции ($j \leq 5$) величины m для ВИМС меньше таковых же для В. I. Н. Это может быть

¹ Позднейший опыт применения этого метода экстраполяции показал, что результат может быть еще улучшен путем учета скачков хода, определенных на основании относительных ходов часов, а также путем «вариации» делителя a . Критериями при варьировании a является достижение знакочередности в разностях $u_0 - u_j$, а также поведение относительных ходов часов. (Замечание 1933 года).

² Арифметические средины отклонений.

³ Bulletin Horaire, T. IV, № 49. — N. Stoyko. „Sur l'extrapolation de la correction etc“.

объяснено меньшей частотой астрономических наблюдений ВИМС ибо в таких случаях уравниваемая функция поправок будет лучше согласоваться с наблюдаемыми поправками. При больших интервалах экстраполяции ($j > 5$) числа В. И. Н. меньше таких же для ВИМС. Это следует отнести за счет более выгодного места установки часов Международного Бюро Времени, а также за счет того обстоятельства, что в В. И. Н. экстраполяция основана на всем комплексе часов, между тем как в опытах ВИМС были использованы только одни часы. Отметим, что приведенный здесь пример экстраполяции является идеальным, так как он был проведен в предположении, что результаты новых наблюдений привлекаются к уравниванию уже на следующий за наблюдаемым день, чего на практике, вообще говоря, мы иметь не будем.

Заключение. Теория вариаций ходов часов, предложенная В. Wanach'ом, позволяет решать вопросы уравниваемых вычислений для экстраполяции и интерполяции поправок часов наиболее рациональным и простым способом.

UNE METHODE DE L'EXTRAPOLATION DES CORRECTIONS DE LA PENDULE

Par N. C. Preipitch

(Résumé)

La méthode de l'extrapolation linéaire des corrections, fondée sur les résultats des deux dernières observations, n'est pas assez sûre dans la pratique actuelle d'observatoires à cause de sa précision exigüe. Car l'extrapolation basée sur la compensation graphique ou analytique d'une série des dernières observations donne des résultats de meilleure précision, en exigeant en même temps la dépense considérable de travail. Quant à l'extrapolation linéaire basée sur deux observations rationnellement choisies, elle est plus ou moins satisfaisante par sa précision, mais présente des difficultés assez grandes de calcul. Cependant cette dernière méthode peut être perfectionnée et donner les résultats qui ne cèdent en rien à ceux des méthodes sus-mentionnées avec le gain considérable de temps.

La formule (1) (p 88), dans laquelle a est l'intervalle en jours entre les corrections de départ j l'intervalle de l'extrapolation ϵ l'erreur moyenne de la correction observée, δ la variation moyenne de la marche diurne, ϵ_w l'erreur moyenne de la correction extrapolée.¹ Avec le choix heureux de l'intervalle a on peut assurer le accroissement le plus lent de l'erreur ϵ_w avec l'augmentation de j .

¹ B. Wanach A. N. № 4546. Ueber die Genauigkeit... U.S.W.

Cet a le plus avantageux peut être déterminé de la condition du minimum de la formule (2) (p. 89) qui donne $\epsilon_{\omega j/(j+1)}$, l'erreur moyenne de la marche extrapolée. Pour le calcul de a nous obtenons l'équation d'approximative:

$$a \approx \sqrt[3]{12 \frac{\epsilon^2}{\delta^2}} \dots \dots \dots (4)$$

La précision des corrections linéaires extrapolées dépend des poids p_1 et p_2 de la première et de la seconde corrections de départ (la formule (5), p. 90), mais le rôle principale joue p_2 , le poids de la seconde correction de départ, et on peut ainsi estimer la précision de l'extrapolation d'après la formule d'approximative (6) (p. 91).

La présente méthode d'extrapolation est basée sur les considérations suivants.

1) La valeur moyenne pondérée des corrections: — u_3 observée et extrapolée u_j pour le même moment des observations précédentes u_1 et u_2 donne la valeur (compensée) la plus probable u'_3 de la correction de pendule pour l'époque de l'observation; cette valeur peut être prise pour la seconde correction de départ.

2) Comme la première correction de départ peut servir:

a) à $j \leq a$, la correction u_i interpolée à la base des résultats des observations précédentes pour un moment distant de a jours de l'époque d'une observation nouvelle, et

b) à $j > a$, l'observation compensée précédente.

A cette base nous arrivons aux formules de calcul suivantes:

$$u'_3 = u_j + \Delta u; \quad \Delta u = \frac{p_0}{p_0 + p_j} (u_3 - u_j), \quad \dots (10) \text{ et } (11)$$

$$\Delta \omega = \frac{\Delta u}{a}, \text{ à } j \leq a; \quad \Delta \omega = \frac{\Delta u}{j}, \text{ à } j > a \dots \dots \dots (15) \text{ et } (19)$$

$$\omega_1 = \omega + \Delta \omega \dots \dots \dots (16)$$

$$p_j = \epsilon^2 \left\{ \left[\left(\frac{j}{a} \right)^2 + \left(\frac{a+j}{a} \right)^2 \frac{1}{p_2} \right] \epsilon^2 + \frac{j(a+j)}{6a} (2aj+1) \delta^2 \right\} \dots \dots (17)$$

où sont introduites des nouvelles lettres: p_0 —le poids de la correction observée u_3 , p_j le poids d'une correction extrapolée u_j , Δu la correction de l'extrapolation, $\Delta \omega$ la correction de la marche extrapolée ω , ω_1 la valeur nouvelle de la marche.

Les formules (10)—(19), appliquées à chaque nouvelle observation résolvent entièrement la question des calculs de compensation liés avec l'extrapolation des corrections des pendules. La formule (17) sert à composer le tableau des poids p_j des corrections extrapolées à deux entrées j et p_2 .

Pour les observations fréquentes il serait avantageux d'appliquer les formules (26)–(31) (v. texte russe), où u_2 , u_4 et u_6 sont de nouvelles observations, u_{j_2} , u_{j_4} , u_{j_6} des corrections extrapolées pour ces observations de j_2 , j_4 et j_6 jours, Δu_2 , Δu_4 et Δu_6 des corrections de l'extrapolation initiale réduites à l'époque de la dernière observation, p_2 , p_4 et p_6 les poids de ces corrections.¹

En mettant en pratique cette méthode d'extrapolation on se sert du tableau I (p. 96) des poids des corrections extrapolées calculé d'après valeurs: $\varepsilon = \pm 0,034$; $\delta = \pm 0,003_3$; $a = 11$. Ce tableau est aussi utile pour a dans les limites de 6 à 20, ou, autrement, aux rapports $\frac{a}{\varepsilon}$ de 4 à 26.

A la page 97 il est donné un exemple des calculs liés avec la compensation des observations. Dans le tableau II (p. 99) il est rapporté la comparaison des corrections extrapolées et observées. La somme des carrés des écarts observées ($\sum p \Delta^2 = 0,3437$) est presque deux fois plus petite que la somme théorique, ce qui fait estimer le degré de la précision obtenue de l'extrapolation. A la page 100 sont rapportées les moyennes arithmétique mensuelles des écarts l'interpolation—l'extrapolation, et à la même page les mêmes données, mais disposées dans l'ordre de l'accroissement de j —l'intervalle de l'extrapolation.

Conclusion. La théorie des variations des marches des pendules proposée par W. W a n a c h laisse à résoudre les questions des calculs de compensation pour l'extrapolation et l'interpolation des corrections des pendules d'une façon la plus rationnelle et la plus simple.

¹ Les corrections définitives Δu et $\Delta \omega$ peuvent être obtenues facilement avec un graphique, si l'on y rapporte les quantités $\Delta' u_2$, $\Delta' u_4$, Δu_6 et de suite (p. 94), mais cela fait apparaître difficultés usuelles, conditionnées par l'arbitraire du graphique.

ОГЛАВЛЕНИЕ

3 (19) выпуска Трудов Всесоюзного Научно-Исследовательского Института метрологии и стандартизации

	Стр.
З. Н. Аксентьева. Гравиметрическая связь Всесоюзного Научно-Исследовательского Института метрологии и стандартизации с Полтавой.	3
В. А. Россовская. Об использовании специальных радиосигналов (сигналов долготы) Пулковской Обсерватории	59
Н. Х. Прейпич. К вопросу о вычленении сводных моментов ритмических радиосигналов времени	64
Н. Х. Прейпич. О хронографических методах исследования колесных прерывателей в часах	74
Н. Х. Прейпич. Об одном методе экстраполяции поправок часов	88

TABLE DES MATIÈRES

des résumés des articles publiés dans la 3 (19) livraison des Travaux de l'Institut de Métrologie et Standartisation

	Pages.
Z. N. Aksentieva. Intensité de la pesanteur pour l'Institut de Métrologie et Standartisation à Leningrad (URSS)	57
V. A. Rossovsky. Utilisation des signaux radiotélégraphiques spéciaux dits „de longitude“ de l'Observatoire de Poulkovo	62
N. C. Preipitch. Sur le calcul des moments définitifs des signaux rythmés.	71
N. C. Preipitch. Sur les méthodes chronographiques pour examiner les interrupteurs à roue dans la pendule	85
N. C. Preipitch. Une méthode de l'extrapolation des corrections de la pendule	101

