

23 (39)

КОМИТЕТ ПО ДЕЛАМ МЕР И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ
ПРИ СНК СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕТРОЛОГИИ

ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ
СВЕТОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЛАМП
И СВЕТОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

ТРУДЫ ВНИИМ
ВЫПУСК 23 (39)



ИЗДАНИЕ ВНИИМ
ЛЕНИНГРАД 1939

АННОТАЦИЯ

Содержание сборника посвящено преимущественно светозмерительным лампам: эталонным, образцовым и рабочим. Две статьи посвящены сравнительным испытаниям эталонных ламп за 10 лет. В двух статьях излагаются испытания селеновых фотоэлементов и фотобатарейки. В содержание вошли также исследования в области световых измерений, представляющие практическое значение для светотехники. Приводится много справочных сведений о светозмерительных лампах, преимущественно впервые публикуемых.

Книга предназначена для всех лиц, и особенно для лабораторных работников, пользующихся в своих работах светозмерительными лампами для световых измерений (фотометрии), для сенситометрии, для колориметрии и т. д. В ней впервые собраны практические сведения, необходимые для работ с такими лампами.

КОМИТЕТ ПО ДЕЛАМ МЕР И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ
ПРИ СНК СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ

ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ СВЕТОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЛАМП И СВЕТОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

ТРУДЫ ВНИИМ

ВЫПУСК 23 (39)

Сборник статей

под редакцией
проф. П. М. ТИХОДЕЕВА

*с приложением справочных сведений
о светоизмерительных лампах*



405 807

ИЗДАНИЕ ВНИИМ
ЛЕНИНГРАД — 1939

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Сохранность основного светового эталона СССР за годы 1928—1938	3
Е. Д. Девицова и П. М. Тиходеев—Исследования 1930 и 1931 гг.	3
П. М. Тиходеев—Исследования 1935 г.	13
П. М. Тиходеев—Исследования 1938 г.	18
2. Сохранность первичного (производного) эталона единицы светового потока за годы 1928—1938	28
К. И. Несмачный, М. В. Соколов и П. М. Тиходеев—Исследования 1931—1932 гг.	28
К. И. Несмачный—Исследования 1933 г. (Установление третьей части первичного эталона люмена СССР).	34
П. М. Тиходеев—Исследования 1934 и 1935 гг.	38
П. М. Тиходеев—Исследования 1938 г.	40
3. Сравнение световых единиц СССР и США. П. М. Тиходеев.	60
4. По поводу предложения об изменении значения единицы силы света в связи с переходом к новому световому эталону. П. М. Тиходеев	64
5. Межлабораторные измерения светового потока у газополных электрических ламп. К. И. Несмачный.	74
6. Исследование селеновой фотобатарейки. В. Е. Карташевская.	83
7. Некоторые сравнительные измерения распределения силы света К. И. Несмачный	96
8. О пластинке белого цвета для световых и цветовых измерений. П. М. Тиходеев	111
9. Поперечная работа в области световых измерений (Справочная статья) П. М. Тиходеев	115
Приложения: а) Временные правила безопасности при работе со светозмерительными лампами	127
б) Правила предосторожности при работе с вращающимися поглотителями	128
10. Общесоюзный стандарт ОСТ 8273. Лампы накаливания электрические образцовые светозмерительные	129
11. Технические условия ВНИИМ для образцовых и рабочих светозмерительных электрических ламп накаливания	138
12. Правила № 160 (6. Газомервес) на „Лампы накаливания электрические образцовые светозмерительные“	143

Отв. редактор П. М. Тиходеев.

Техн. редактор П. В. Дворников.

Корректор Н. П. Иващенко.

Сдано в набор 28/III 1939 г.

Подписано к печати 28/V 1939 г.

Ст. ф. бум. 62 × 88¹/₁₆.

Колич. авт. л.

Колич. бум. л. 4,5.

Колич. печ. л. 9.

Колич. тир. знак. на бум. л. 59900.

Издание № 8.

Леноблагорлит № 2671

Тираж 1000 экз.

Заказ № 2881.

Типография арт. „Сов. печатник“, Ленинград, Моховал, 40

СОХРАННОСТЬ ОСНОВНОГО СВЕТОВОГО ЭТАЛОНА СССР ЗА ГОДЫ 1928—1938

ИССЛЕДОВАНИЯ 1930 и 1931 гг.

Е. Д. ДЕВЯТКОВА и П. М. ТИХОДЕЕВ

Основной световой эталон СССР применялся для воспроизведения световых единиц в 1925 г., когда он был впервые установлен как основной эталон, и затем в 1927 г. Предполагалось вновь зажечь его в 1931 г. для выяснения сохранности и сличения с ним вторичного эталона. В связи с тем, что было признано желательным лампы, присланные для международных сравнений от Бюро стандартов США, сличить непосредственно с основным эталоном¹ — 3 июня 1930 г. были зажжены шесть ламп основного эталона с обозначениями с I—A—1 по I—A—6. 13 июня 1931 г. для таких же повторных измерений² были зажжены шесть ламп с I—A—7 по I—A—12.

Названные лампы, так же как и остальные лампы основного эталона и все лампы его свидетелей с 1927 г., находились в хранилище для эталонных ламп в полном покое. Лишь в начале 1930 г. лампы подверглись наружному осмотру, однако без нарушения их покоя.

Ныне двенадцать ламп группы с обозначениями I—A подверглись более тщательному наружному осмотру. Ничего неблагоприятного замечено не было. Приходится лишь отметить, что, хотя лампы основного эталона хранятся в двойном ящике и температура воздуха в хранилище на протяжении года колеблется очень мало, все же верхние части колб ламп покрылись небольшим слоем пыли. Пыль легко удалялась без оставления каких-либо следов на колбах.

Как уже указывалось в одной из работ Фотометрической лаборатории ВНИИМ³ наиболее надежными показателями (но не полиыми) сохранности эталонных ламп надо считать неизменность потребляемой электрической мощности при определенном напряжении и неизменность взаимных отношений сил света.

¹ См. статьи: 1) Е. Д. Девятковой и 2) А. М. Сабуренкова, М. В. Соколова и П. М. Тиходеева. „Работы ВИМС по составным эталонам в 1930—1932 гг.“, № 133, изд. ВИМС, 1934 г.

² „Временник“, № 3 (15), 1929, стр. 149 и далее.

Измерения 1930 г. Световые и электрические измерения производились в той же обстановке и почти со всеми теми же приборами, что и измерения в 1927 г. Имелись лишь более или менее значительные улучшения. Между прочим со стороны ламп сравнения был применен голубой экран (сильно сжатый порошок сернокислого бария с примесью прусской синьки). Это позволило иметь у ламп сравнения всего лишь 70 V вместо 115 для получения цвета поля сравнения в фотометре как бы среднего между теми, что имелись со стороны эталонной лампы и угольных ламп Бюро стандартов, которые освещали экран из сернокислого бария. Разница в окрасках обоих полей сравнения была довольно значительной, что, конечно, влияло на расхождение показаний отдельных наблюдателей.

В световых измерениях участвовали четыре наблюдателя. В измерениях 1925 и 1927 гг. приняли участие лишь два наблюдателя.

Таблица 1

Сила тока шести ламп основного эталона I—A (1930 г.)

Обозначение ламп	Сила тока, в амперах, по измерениям				Разница, в %, для измерений 1930 г. по отношению к		
	NPL ¹ 1925 г.	ВНИИМ 1925 г.	ВНИИМ 1927 г.	ВНИИМ 1930 г.	NPL 1925 г.	ВНИИМ 1925 г.	ВНИИМ 1927 г.
I—A—1	0,285 8	0,285 8 ₇	0,286 0 ₃	0,285 9 ₀	+ 0,03 ₅	+ 0,01 ₀	- 0,05 ₂
I—A—2	0,287 4	0,287 3 ₇	0,287 2 ₆	0,287 2 ₈	- 0,04 ₄	- 0,0 ₁	+ 0,00 ₇
I—A—3	0,287 1	0,2 7 1 ₀	0,2 6 9 ₀	0,287 0 ₀	- 0,03 ₅	- 0,03 ₅	+ 0,01 ₇
I—A—4	0,286 9	0,286 9 ₀	0,286 9 ₄	0,286 5 ₂	+ 0,00 ₇	- 0,0 ₁	- 0,00 ₇
I—A—5	0,286 8	0,286 9 ₁	0,286 7 ₅	0,286 8 ₁	+ 0,01 ₀	- 0,02 ₆	+ 0,01 ₇
I—A—6	0,288 1	0,288 1 ₂	0,288 0 ₁	0,288 0 ₂	- 0,02 ₅	- 0,03 ₅	+ 0,00 ₄
В среднем для одной лампы					+ 0,02 ₀	+ 0,02 ₇	+ 0,01 ₇
В среднем для всех ламп					- 0,00 ₅	- 0,02 ₃	- 0,00 ₂

В табл. 1 сведены результаты измерений сил тока в лампах. Как видно, разница в измерениях 1927 и 1930 гг. очень мала, что нужно считать вполне благоприятным показателем для сохранности ламп. Разница по сравнению с данными 1925 г. более значительна. В настоящее время трудно объяснить, чем это вызвано. Приходится полутно отметить, что электрические измерения в 1925 г. производились во временно собранном соединении электрических измерительных приборов; возможно, что обстановка электрических измерений в 1925 г. была несколько

¹ National Physical Laboratory.

менее благоприятной, чем в 1927 и 1930 гг. Однако необходимо иметь в виду, что разница в измерениях по сравнению с 1925 г. невелика: она того же порядка, как и изменение сопротивления изоляции в лампе.

Таблица 2

Световые измерения шести ламп основного светового эталона
I—A (1930 г.)

Обозначение лампы	Сила света, в междунар. свечах, по измерениям				Разница, в %, для измерений 1930 г. по отношению к данным		
	NPL 1925 г.	ВНИИМ 1925 г.	ВНИИМ 1927 г.	ВНИИМ 1930 г.	NPL 1925 г.	ВНИИМ 1925 г.	ВНИИМ 1927 г.
I—A—1	20,14	20,06	20,00	20,00	-0,6 ₉	-0,2 ₉	+0,0 ₉
I—A—2	19,84	19,84	19,83	19,88	+0,2 ₁	+0,1 ₁	+0,2 ₁
I—A—3	20,64	20,54	20,68	20,54	-0,1 ₇	+0,0 ₁	-0,6 ₁
I—A—4	20,18	20,08	20,05	20,03	-0,7 ₃	-0,1 ₅	-0,1 ₀
I—A—5	20,20	20,00	20,08	20,12	-0,4 ₀	+0,6 ₁	+0,2 ₂
I—A—6	20,42	20,33	20,28	20,31	-0,5 ₆	-0,1 ₃	+0,1 ₃
	В среднем для одной лампы . . .				+0,5 ₁	+0,2 ₄	+0,2 ₄
	В среднем для всех ламп . . .				-0,4 ₄		

Что касается световых измерений, то в табл. 2 сведены световые измерения, а в табл. 3 — отклонения в измерениях отдельных наблюдателей. Эти данные показывают, что соотношения сил света ламп для 1930 г. в пределах точности измерений сохранились теми же, что и в 1925 и 1927 гг. Точность измерения силы света каждой лампы ($\pm 0,2\%$ — средняя квадратичная ошибка) вполне удовлетворительна и лишь для лампы I—A—4 немного снижена. Как показывает табл. 3, точность воспроизведения международной свечи лежит в пределах того, что могут дать четыре наблюдателя (см. выше о разнице в окраске полей сравнения фотометра), а также и в пределах устойчивости самой лампы, точности определения направления измерений и т. д.

Зажигание ламп основного эталона было использовано также для сличения с ним вторичного эталона. Были сличены лишь десять ламп из общего числа пятнадцати, так как остальные пять ламп являлись запасными и в дело не употреблялись.

Результаты измерений вторичного эталона приведены в табл. 6. Все десять ламп в среднем показали отклонение $+0,5\%$ от данных 1927 г. Это следует признать пределом допустимого.

Таблица 3
Отклонения в измерениях шести ламп основного светового эталона I-A (в процентах)

Обозначение ламп	1-й наблюдатель		2-й наблюдатель		3-й наблюдатель		4-й наблюдатель		Для одного измерения			Для принятых значений силы света	
	Лампа сравнения		Лампа сравнения		Лампа сравнения		Лампа сравнения		Среднее арифметическое	Квадратичное	Вероятное	Среднее квадратичное	Вероятное
	1-я	2-я	1-я	2-я	1-я	2-я	1-я	2-я					
I-A-1	+0,27	+0,22	+0,61	-0,39	+0,04	0,70	-0,32	+0,22	+0,35	0,44	0,29	0,16	0,10
I-A-2	+0,35	+0,83	+0,08	-0,35	+0,14	0,14	+0,38	0,67	+0,39	0,49	0,33	0,17	0,12
I-A-3	-0,40	-0,69	+0,79	0,23	+0,20	0,21	-0,24	+0,35	0,9	0,48	0,32	0,17	0,11
I-A-4	+0,09	+1,9	-0,74	+1,04	-0,15	0,76	0,3	1,06	+0,65	0,16	0,57	0,31	0,20
I-A-5	-0,64	+0,18	-0,50	0,97	-0,12	0,39	+0,08	-0,39	+0,41	0,53	0,35	0,19	0,12
I-A-6	+0,11	-0,17	-0,08	1,04	+0,16	1,00	-0,24	+0,27	+0,33	0,57	0,33	0,20	0,14
В среднем для одной лампы									+0,4 ₅	+0,5 ₆	+0,3 ₄	+0,2 ₀	+0,1 ₃

учитывая трехлетнее применение ламп, но в общем вполне благоприятным.

Предполагается, что разница в показаниях может объясниться в той или иной части следующим обстоятельством. При измерениях 1927 г. переход от основного эталона к вторичному производился при цвете (освещения) испытательной пластинки фотометра со стороны лампы сравнения, очень близком к цвету (освещения) таковой со стороны вторичного эталона. При измерениях 1930 г., как указывалось, цвет испытательной пластинки со стороны лампы сравнения являлся как бы средним между цветом основного эталона и угольными лампами. Таким образом, измерения 1927 и 1930 гг. производились при значительно отличающихся друг от друга и притом разноцветных полях сравнения фотометра. Вместе с тем приходится отметить, что отклонения для отдельных ламп выходят за пределы желательных. Возможными объяснениями этого считается: недостаточная устойчивость ламп в световом отношении и значительные изменения силы света около того направления, в котором производятся измерения. Отклонение в силе тока для всех ламп в среднем составляет — 0,00, % от данных 1927 г., что считается вполне удовлетворительным. В сопоставлении с этим

отклонение в измерениях силы света остается попрежнему невыявленным.

Измерения 1931 г. В световых измерениях приняли участие три наблюдателя. Обстановка измерений осталась без изменений по сравнению с 1930 г. Была лишь уменьшена разница в окраске поля сравнения в фотометре (путем применения несколько более голубого, чем ранее, экрана со стороны лампы сравнения). При этом поля сравнения были приблизительно одного цвета при измерениях ламп основного эталона.

Результаты измерений приведены в табл. 4 и 5. Они свидетельствуют, как и измерения 1930 г., о вполне удовлетворительной сохранности ламп основного эталона с обозначением I—A—7 по I—A—12.

Таблица 4

Сила тока шести ламп основного эталона I—A (1931 г.)

Обозначение лампы	Сила тока, в амперах, по измерениям				Разница, в % для измерений силы тока 1931 г. по отношению к данным		
	NPL 1925 г.	ВНИИМ 1925 г.	ВНИИМ 1927 г.	ВНИИМ 1931 г.	NPL 1925 г.	ВНИИМ 1925 г.	ВНИИМ 1927 г.
I—A—7	0,2864	0,2864 ₁	0,2863 ₃	0,2863 ₃	-0,00 ₂	-0,01 ₀	+0,01 ₀
I—A—8	0,2856	0,2856 ₄	0,2857 ₀	0,2856 ₁	+0,00 ₇	-0,00 ₇	-0,05 ₀
I—A—9	0,2885	0,2884 ₄	0,2882 ₀	0,2883 ₃	-0,06 ₂	-0,04 ₂	+0,01 ₄
I—A—10	0,2830	0,2880 ₄	0,2879 ₄	0,287 ₃	+0,00 ₇	-0,02 ₁	+0,00 ₀
I—A—11	0,2872	0,2872 ₁	0,2871 ₆	0,2871 ₆	-0,01 ₄	-0,03 ₀	+0,00 ₀
I—A—12	0,2891	0,2892 ₁	0,2891 ₅	0,2890 ₅	-0,03 ₁	-0,07 ₀	+0,04 ₂
В среднем для одной лампы					+0,02 ₂	-0,03 ₃	+0,02 ₂
В среднем для всех ламп					-0,02 ₀	-0,3 ₀	-0,01 ₁

Таблица 5

Световые измерения шести ламп основного светового эталона I—A (1931 г.)

Обозначение лампы	Сила света, в междул. свечах, по измерениям				Разница, в % для измерений силы света 1931 г. по отношению к данным		
	NPL 1925 г.	ВНИИМ 1925 г.	ВНИИМ 1927 г.	ВНИИМ 1931 г.	NPL 1925 г.	ВНИИМ 1925 г.	ВНИИМ 1927 г.
I—A—7	19,52	19,38	19,31	19,31	-0,9 ₂	-0,2 ₄	-0,0 ₃
I—A—8	19,94	19,73	19,69	19,75	-0,9 ₄	+0,1 ₃	+0,3 ₄
I—A—9	21,30	21,13	21,30	21,26	-0,1 ₄	+0,6 ₀	-0,1 ₄
I—A—10	20,78	20,71	20,81	20,70	-0,4 ₀	-0,0 ₀	-0,5 ₄
I—A—11	20,10	20,06	20,06	20,07	-0,1 ₄	+0,0 ₀	+0,0 ₇
I—A—12	20,44	20,34	20,31	20,30	-0,6 ₀	-0,1 ₀	-0,0 ₂
В среднем для одной лампы					-0,5 ₄	+0,2 ₃	+0,1 ₀
В среднем для всех ламп					-0,5 ₄	+0,0 ₀	-0,0 ₀

Таблица 6
Световые и электрические измерения вторичного эталона 1930 и 1931 гг.

Обозначение лампы	Сила света, в мкдун, свечкал, по измерениям			Сила тока, в амперах, по измерениям			Разница, в %, для измерений силы света 1931 г. по отношению к данным			Разница, в %, для измерений силы тока 1931 г. по отношению к данным		
	1927 г.	1930 г.	1931 г.	1927 г.	1930 г.	1931 г.	1927 г.	1930 г.	1931 г.	1927 г.	1930 г.	1931 г.
II-2-1	35,85	37,34	37,45	0,424 8 ₄	0,425 0 ₀	0,424 8 ₄	+1,6	+0,3	±0,00 ₀	±0,00 ₀	-0,04 ₉	-0,04 ₉
II-2-2	35,25	35,59	35,62	0,418 5 ₄	0,418 5 ₁	0,418 5 ₄	+1,0	+0,1	±0,03 ₀	±0,03 ₀	-0,07 ₄	-0,07 ₄
II-2-3	35,56	36,80	36,78	0,425 8 ₇	0,425 4 ₂	0,425 8 ₇	+0,6	+0,0	-0,01 ₂	-0,01 ₂	-0,02 ₄	-0,02 ₄
II-2-4	35,72	35,83	35,91	0,421 8 ₄	0,421 0 ₆	0,421 8 ₄	+0,6	+0,2	-0,06 ₄	-0,06 ₄	+0,00 ₄	+0,00 ₄
II-2-5	35,04	35,33	35,31	0,417 8 ₂	0,416 9 ₈	0,417 8 ₂	+0,8	-0,1	-0,04 ₀	-0,04 ₀	+0,03 ₆	+0,03 ₆
II-2-6	36,77	37,42	37,15	0,426 4 ₁	0,426 2 ₉	0,426 4 ₁	+1,0	+0,7	-0,04 ₅	-0,04 ₅	-0,00 ₅	-0,00 ₅
II-2-7	36,52	36,84	36,84	0,423 6 ₇	0,423 7 ₇	0,423 6 ₇	+0,9	+0,0	±0,02 ₀	±0,02 ₀	-0,05 ₇	-0,05 ₇
II-2-8	36,53	36,69	37,14	0,425 9 ₄	0,425 2 ₆	0,425 9 ₄	+1,6	+1,3	+0,05 ₇	+0,05 ₇	+0,06 ₃	+0,06 ₃
II-2-9	36,83	36,32	36,35	0,421 4 ₆	0,421 4 ₆	0,421 4 ₆	-1,3	+0,1	+0,01 ₂	+0,01 ₂	+0,02 ₁	+0,02 ₁
II-2-10	36,81	36,74	36,41	0,425 0 ₆	0,425 0 ₆	0,425 4 ₀	-1,1	-0,9	+0,08 ₂	+0,08 ₂	+0,08 ₉	+0,08 ₉
В среднем для одной лампы												
В среднем для всех ламп												
							-	+0,3 ₆	±0,04 ₀	±0,04 ₀	+0,03 ₆	+0,03 ₆
							+0,5 ₇	±0,0 ₁	±0,00 ₅	±0,00 ₅	±0,00 ₅	±0,00 ₅

Первые десять ламп вторичного эталона были опять, как и в 1930 г., сличены с основным эталоном. Результаты приведены в табл. 6. За время с последнего измерения в 1930 г. лампы применялись в дело не столь продолжительно. Разница в измерениях 1931 г. и 1930 г. свидетельствует, возможно, скорее об известной неполной устойчивости ламп, чем об их износе.

Для обычных работ Фотометрическая лаборатория применяет не менее пяти ламп вторичного эталона: с II-2-1 по II-2-5 или с II-2-6 по II-2-10. Из табл. 6 видно, что на протяжении 1930—1931 гг. каждая такая пятерка обеспечивала точность воспроизведения световой единицы (строго говоря—единицы освещенности) порядка не менее 0,1%.

Так как все же лампы вторичного эталона вследствие их конструкции не являются вполне устойчивыми, то решено было пополнить вторичный эталон новыми восемью

Таблица 7

Световые и электрические измерения дополнительной части вторичного эталона 1931 г.

Обозначение ламп	Сила света, в междун. свечах, по измерениям		Сила тока, в амперах, по измерениям		Разница, в % ₀ , для измерений силы света 1931 г. по отношению к данным	Разница, в % ₀ , для измерений силы тока 1931 г. по отношению к данным
	1929 г.	1931 г.	1929 г.	1931 г.	1929 г.	1929 г.
Ш-9	32,57	32,81	0,434 0 ₀	0,433 7 ₂	+ 0,7	- 0,06 ₅
Ш-12	30,74	31,01	0,426 3 ₀	0,426 3 ₀	+ 0,9	- 0,07 ₀
Ш-13	31,44	31,73	0,429 5 ₀	0,429 6 ₀	+ 0,9	+ 0,03 ₀
Ш-15	29,79	30,11	0,424 6 ₀	0,424 8 ₁	+ 1,1	+ 0,04 ₂
Д-1	37,07	36,94	0,444 7 ₇	0,444 6 ₀	- 0,4	- 0,01 ₀
Д-2	36,53	36,51	0,444 6 ₂	0,444 7 ₀	- 0,0	+ 0,02 ₉
Д-4	36,81	36,82	0,444 8 ₅	0,444 6 ₀	+ 0,0	- 0,04 ₃
Д-5	30,64	30,50	0,431 2 ₁	0,430 9 ₂	- 0,5	- 0,05 ₀

лампами. Все они — конструкции ВНИИМ и изготовлены в 1928 г. заводом „Светлана“. Первые четыре (с обозначениями Ш) служили ранее третичным эталоном. Остальные четыре (с обозначением Д) являлись рабочими эталонами для межлабораторных измерений 1929 г.¹ Световые и электрические измерения этих ламп приведены в табл. 7. За время предварительного применения и выдерживания лампы вели себя удовлетворительно. Теперь они будут находиться под особым наблюдением. Лампы с обозначениями Ш после измерений в 1929 г. часто применялись в дело, длительно горели, почему несколько износились. Лампы с обозначениями Д после измерений в 1929 г. не применялись.

Определенная (условная) сила света для ламп основного эталона установлена в 1925 г. При повторном зажигании основного эталона в 1927 г. именно эти значения сил света и принимались для всех вычислений, причем на основании показаний всех ламп для каждой отдельной лампы было определено новое значение силы света. Коль скоро найдено, что эталонная лампа вполне удовлетворительно сохранилась, то за истинное значение ее силы света при измерениях 1930 и 1931 гг. надо принимать среднее из значений, определенных при предшествующих зажиганиях в 1925 и 1927 гг. Силы света, найденные в 1930 и 1931 гг. (при дальнейших зажиганиях основного эталона), однако, не могут считаться равноправными с таковыми 1925 и 1927 гг., так как зажигался не весь основной эталон.

¹ См. „Поверочное дело“ № 3 (20), 1929 г., стр. 160—168.

ВЗАИМНОЕ СЛИЧЕНИЕ ЛАМП ВТОРИЧНОГО ЭТАЛОНА (1932 г.)
(второго и третьего пятков)

П. М. ТИХОДЕЕВ

Обращало на себя внимание, что лампы вторичного эталона показали заметное отклонение в измерениях 1930 г. от измерений 1927 г. (табл. 6, графа 8-я). Чтобы лучше выяснить благонадежность соответственных измерений, было решено сличить между собою второй пяток ламп вторичного эталона с обозначениями от П-2-6 до П-2-10 с третьим пятком, обозначенным от П-2-11 до П-2-15. Со времени своего последнего сличения с основным эталоном в июле 1927 г. третий пяток хранился без употребления в дело. Из второго пятка после сличения его с основным эталоном 14 июля 1931 г. применялась в дело одна раз — лишь одна лампа П-2-11 и прогорела она при этом 11 минут; остальные лампы из этого пятка хранились без зажигания.

Сличение обоих пятков было произведено 19 июня 1932 г. Условия измерений сохранились теми же, какие имелись в 1931 г. Световые измерения производились двумя наблюдателями: П. М. Тиходеевым и М. В. Соколовым.

Таблица 1

Световые и электрические измерения вторичного эталона 1932 г.

Обозначение ламп	Сила света, в междун. свечах, по измерениям		Сила тока, в амперах, по измерениям		Разница, в %, в измерениях 1932 г. по отношению к данным 1931 ¹ и 1927 ² гг.	
	1932 г.	1931 ¹ и 1927 ² гг.	1932 г.	1931 ¹ и 1927 ² гг.	сила света	сила тока
П-2-6	37,19	37,15	0,4261 ₂	0,4262 ₂	+ 0,1	- 0,01 ₂
П-2-7	36,70	35,84	0,4235 ₇	0,4235 ₂	- 0,4	- 0,00 ₂
П-2-8	36,62	37,14	0,4253 ₂	0,42 ² 5 ₂	(- 1,4)	- 0,05 ₂
П-2-9	34,50	36,35	0,4213 ₂	0,4215 ₂	+ 0,4	- 0,04 ₂
П-2-10	36,36	35,41	0,4251 ₂	0,4254 ₂	- 0,1	- 0,01 ₂
В среднем для одной лампы (из пяти)					± 0,5	- 0,03 ₂
В среднем для одной лампы (исключая П-2-8)					± 0,3	
П-2-11	35,92	36,10	0,4233 ₄	0,4236 ₂	- 0,5	- 0,06 ₂
П-2-12	36,63	35,74	0,4228 ₄	0,4219 ₂	- 0,3	- 0,02 ₂
П-2-13	35,76	35,53	0,4220 ₂	0,4220 ₂	+ 0,6	+ 0,01 ₂
П-2-14	34,86	34,61	0,4227 ₂	0,4228 ₂	+ 0,6	- 0,01 ₂
П-2-15	35,90	35,95	0,4200 ₂	0,4201 ₂	- 0,2	- 0,02 ₂
В среднем для одной лампы					± 0,4	± 0,03 ₂
В среднем для всех ламп					-	- 0,02 ₂

¹ Для ламп с П-2-6 по П-2-10 взяты данные 1931 г.

² Для ламп с П-2-11 по П-2-15 взяты данные 1927 г.

Результаты световых и электрических измерений приведены в табл. 1. Силы света, показанные в ней для измерений 1932 г., представляют собою значения их, вычисленные по среднему значению международной свечи, воспроизведенному каждым пятком. При этом во втором пятке лампы П-2-8 выпала по своим показаниям, и она не включалась в расчеты для определения среднего значения международной свечи. В третьем пятке часть наблюдений (по 2-й лампе сравнения) с лампой П-2-14 была отброшена.

Соотношение значений международной свечи по второму и третьему пяткам приведено в табл. 2. При этом за истинное значение международной свечи принято среднее арифметическое из значений, воспроизводимых вторым и третьим пятком.

Таблица 2

Соотношение значений международной свечи по лампам с П-2-6 по П-2-10 и с П-2-11 по П-2-15 при исходных данных 1931 и 1927 гг.

1-й наблюдатель		2-й наблюдатель	
Лампа сравнения		Лампа сравнения	
1-я	2-я	1-я	2-я
1,00 ₂₇	0,99 ₂₇	0,99 ₃₁	0,99 ₃₂
Среднее 1,00 ₂₉		Среднее 0,99 ₃₂	
Среднее 1,00 ₃₁			

Как видно из табл. 2, значения международной свечи, воспроизводимые каждым пятком, очень близки друг к другу, что приходится отмечать, как доказательство вполне удовлетворительного хранения и воспроизведения международной свечи за период 1927—1932 гг. помощью вторичного эталона. Наряду с этим надо указать, что сила света и потребляемая электрическая мощность у каждой лампы подвержены колебаниям. Это уже ранее отмечалось в отношении ламп вторичного эталона П-2. Лампа П-2-8, как наименее устойчивая, времени выводится из употребления. В настоящее время продолжают работы по подготовке ламп для новой группы вторичного эталона. В частности, ведутся наблюдения над лампами третичного эталона; лучшие из них предполагается перевести во вторичный.

Лампы второго пятка вторичного эталона после сличения с первичным в 1927 г. употреблялись для измерений 14—16 раз и прогорели каждая около 2,5—3 часов. Они не могли иметь заметного износа. В связи с этим представляет несомненный интерес произвести для данных в табл. 1 и 2 результатов пересчет, взяв для ламп второго пятка значения силы света и силы тока по данным сличения с основным эталоном 1927 г., а не 1931 г. Соответственные итоги приводятся в табл. 3 и 4. Как видно, сов-

падение значений международной свечи по второму и третьему пятку очень хорошее. Лампа П-2-8 не выпадает по сравнению с другими лампами. Повидимому, лишь в измерениях 1931 г. она выпала.

Окончательный вывод сводится к следующему. Хотя порознь взятые лампы вторичного эталона и не являются достаточно хорошими, но в совокупности, при употреблении в дело, примерно, не менее пяти ламп, они вполне удовлетворительно хранят¹ и воспроизводят световые единицы.

Таблица 3

Световые и электрические измерения второго пятка вторичного эталона 1932 г. при исходных данных для него 1927 г.

Обозначение лампы	Сила света, в междунар. свечах, по измерениям		Сила тока, в амперах, по измерениям		Разница, в % в измерениях 1932 г. по отношению к данным 1927 г.	
	1932 г.	1927 г.	1932 г.	1927 г.	сила света	сила тока
П-2-6	37,21	36,77	0,4261 _в	0,4264 _г	+1,2	-0,06 _в
П-2-7	36,72	36,52	0,4235 _в	0,4236 _г	+0,6	-0,02 _в
П-2-8	36,64	36,53	0,4253 _в	0,4252 _г	+0,3	+0,00 _в
П-2-9	36,50	36,83	0,4213 _в	0,4214 _г	-0,8	-0,02 _в
П-2-10	36,39	36,81	0,4251 _в	0,4250 _г	-1,2	+0,01 _в
В среднем для одной лампы					± 0,8	± 0,02 _в
В среднем для всех ламп					-	-0,01 _в

Таблица 4

Соотношение значений международной свечи по лампам с П-2-6 по П-2-10 и с П-2-11 по П-2-15 по измерениям 1932 г. при исходных данных 1927 г.

1-й наблюдатель		2-й наблюдатель	
Лампа сравнения		Лампа сравнения	
1-я	2-я	1-я	2-я
1,00 _{вг}	1,00 _{гв}	0,99 _{вг}	0,99 _{гв}
Среднее 1,00 _{вг}		Среднее 0,99 _{вг}	
Среднее 1,00 _{гв}			

¹ Второй и третий пикот хранится в разных помещениях и несколько в разных условиях.

ИССЛЕДОВАНИЯ
1935 г.

П. М. ТИХОДЕВ

Следующие обстоятельства побудили в 1935 г. применить в дело основной световой эталон СССР: 1) необходимость сличить с ним вторичный эталон, ввиду сравнительно длительного применения последнего; 2) необходимость установления вторичного эталона УССР и 3) сравнение его с американскими эталонными лампами, незадолго перед этим полученными. Для этих измерений были применены первые шесть ламп основного эталона I—A с 1 по 6. Последний раз они зажигались в 1930 г. За время пятилетнего хранения они вовсе не трогались. Наружный осмотр не показал никаких изменений. Можно лишь отметить некоторое высыхание изоляции резиновых проводов; впрочем она еще в течение нескольких лет окажется вполне годной для употребления. Колба каждой лампы по прежнему в верхней части была покрыта пылью, легко смываемой водой. На некоторых лампах запыление было совсем малым, на других посильнее. В некоторых местах, где соприкасалась с кол-

Таблица 1
Основной световой эталон СССР. Измерения 1935 г.

Обозначение ламп	Сила света, в <i>междун. свечах</i>			Разница, в % от 1/VI 1935 г. к		Сила тока, в амперах			Разница, в % от 1/VI 1935 г. к	
	1/XI 1925 г.	2/VI 1930 г.	1/VI 1935 г.	1/XI 1925 г.	2/VI 1930 г.	1/XI 1925 г.	2/VI 1930 г.	1/VI 1935 г.	1/XI 1925 г.	2/VI 1930 г.
I—A—1	20,06	20,00	19,84 ₂	-1,0	-0,8	0,28587	0,28590	0,28562	-0,09	-0,10
I—A—2	19,84	19,88	19,89 ₆	+0,3	+0,1	0,28737	0,28728	0,28716	-0,07	-0,04
I—A—3	20,54	20,54	20,61 ₂	+0,3	+0,3	0,28710	0,28700	0,28694	-0,06	-0,02
I—A—4	20,08	20,03	20,11 ₂	+0,1	+0,4	0,28698	0,28692	0,28684	-0,05	-0,03
I—A—5	20,00	20,12	20,13 ₁	+0,7	+0,1	0,28690	0,28683	0,28669	-0,07	-0,05
I—A—6	20,33	20,31	20,25 ₆	-0,4	-0,2	(0,28632) 0,28815	0,28802	0,28797	(+0,13) -0,062	-0,02
	В среднем для одной лампы			± 0,4 ₆	± 0,3 ₁				-0,06 ₆	-0,04 ₂
	В среднем для всех ламп								(-0,03) ₂	-0,04 ₂

бой льянная тесьма (оплетка гнезда, в котором хранится лампа), из колбы обнаруживался небольшой по размерам налет (прозрачный), как бы смолистого характера; он удалялся спиртом, а не водой.

Результаты измерений, в которых приняло участие трое наблюдателей, приведены в табл. 1. Световые измерения для лампы I—A—1 несколько выпали — на 0,7% по сравнению с измерениями 1930 г. Выяснилось, что это, по всей вероятности, произошло вследствие частичного затемнения макушки колбы поперечными занавесками на светомерной скамье во время световых измерений.¹ Обращает на себя внимание заметное уменьшение тока в лампах — в среднем, около 0,04% и почти 0,1%² у лампы I—A—1. Лишь повторное измерение ламп могло бы дать дополнительные материалы для суждения об этом обстоятельстве. Пока оно остается без объяснений.

По независящим причинам (в связи с просьбой УНИИМ) работа должна была выполняться в возможно укороченные сроки. Электрические измерения производились на несколько видоизмененной измерительной установке. Так как последняя не могла быть достаточно всесторонне проверена, то не исключено опасение, что имелись утечки тока или иные погрешности, которые и снизили точность измерений.³

Как известно, с 1 июля 1934 г. значение международного вольта в СССР изменилось. Было решено в связи с этим поддерживать у эталонных ламп не прежнее числовое значение напряжения, а новое, соответствующее изменению значения вольта. Так как нет данных, которые указывали бы соотношение истинного значения вольта в 1925 г. (время установления основного светового эталона) и в 1935 г., то это изменение напряжения у ламп могло как-то отразиться на силе света и силе тока (см. Приложение). Однако влияние это не поддается точному учету. Можно лишь утверждать, что влияние на силу света значительно меньше чувствительности глаза в световых измерениях, а влияние на силу тока, хотя и могло бы быть измерено, но по величине меньше пределов устойчивости ламп

¹ При использовании измерений для определения силы света вторичного эталона и американских ламп следовало бы лампе I—A—1 придать меньшее удельное значение. Однако это не сделано, так как соответствующая поправка незначительна.

² Установлено, что во время измерений этой лампы был неисправен электрический контакт между лампой и делителем напряжения; это могло отразиться на световых и электрических измерениях.

³ Измерения производились на светомерной скамье № 2; установленное здесь оборудование (электрическое и фотометрическое) несколько уступает имеющемуся на скамье № 1, на которой обычно производились измерения в прежние годы с основным эталоном.

Имеется опасение, что электрические измерительные приборы и провода ко времени работы еще недостаточно просохли после предшествовавшего отсыревания.

и могло бы быть определено лишь как среднее для всех ламп. Это не сделано вследствие малой надежности.

В общем наиболее вероятно считать, что основной эталон за время десятилетнего хранения не изменился заметным образом. Результаты измерений приведены в табл. 1.

Вторичный эталон П-2 сравнивался с основным частями. Первые пять ламп (с 1 по 5) сравнивались в тот же день (1 июня). Второй пяток (с 6 по 10) измерялся на второй день измерений (3 июня). Опыт показывает, что показания ламп сравнения (и освещенность на испытательной пластинке) сохраняются неизменными в подобных случаях; это подтвердило также и повторное измерение одной из ламп (П-3-6) новой группы вторичного эталона П-3 (см. ниже). Результаты измерений приведены в табл. 2. Лампа П-2-2 еще ранее (с октября 1934 г.) была

Таблица 2
Вторичный эталон. Измерения 1935 г.

Обозначение лампы	Данные 14 VI 1931 г. Сила света, в мкелд-фун. свечках	Сила света, в мкелд-фун. свечках. Данные 1 VI и 3 VI 1935 г.	Разница, в % по отношению к 1931 г.	Сила тока, в амперах		Разница, в % по отношению к 1931 г.	Продолжит. пользования в часах
				14 VI 1931 г.	1-3 VI 1935 г.		
П-2-1	37,4	37,3	-0,5	0,4248 ₁	0,4244 ₂	-0,10	9,8
П-2-2	35,6	33,4	(-6,2)	0,4184 ₀	0,4178 ₀	(-0,13)	5,4
П-2-3	36,8	36,9	+0,3	0,4253 ₂	0,4249 ₁	-0,08	7,2
П-2-4	35,9	36,0	+0,4	0,4210 ₇	0,4209 ₁	-0,04	10
П-2-5	35,3	35,2	-0,4	0,4171 ₄	0,4166 ₁	-0,11	4,7
П-2-6	37,2	37,3	+0,4	0,4262 ₀	0,256 ₁	-0,14	3,2
П-2-7	36,8	37,3	+1,1	0,425 ₅	0,423 ₂	-0,07	1,0
П-2-8	37,1	26,8	-0,8	0,4255 ₈	0,4248 ₆	-0,16	2,0
П-2-9	36,3	37,0	+2,0	0,4215 ₅	0,4211 ₇	-0,09	1,7
П-2-10	36,4	37,0	+1,6	0,4254 ₂	0,4247 ₀	-0,16	—
В среднем для всех (9) ламп			+0,4 ₀			-0,11	

временно выведена из состава вторичного эталона, так как обнаруживала значительные отклонения в своих показаниях. Дальнейшее поведение ее будет изучаться в целях накопления опыта (по неустойчивым лампам). Обращают на себя внимание отклонения в световых измерениях ламп второго пятка. Надо заметить, что была обнаружена неисправность в действиях потенциометра, измерявшего напряжение у эталонных ламп. Возможно, что это отразилось на колебаниях в световых измерениях. Надо также иметь в виду, что лампы П-2 с некоторыми неудобствами устанавливаются в правильное положение. Между тем небольшое отклонение от правильного направления для измерения силы света влечет за собой заметное изменение в силе

света. Возможно, что это сказалось. Во всяком случае незначительное среднее отклонение для ламп первого пятка (без П-2-2) подтверждает, что совместное применение их для воспроизведения международной свечи при поверке образцовых ламп давало вполне надежное значение. Подобное заключение для второго пятка остается неопределенным впредь до повторного взаимного сличения первого и второго пятков.

Таблица 3.
Новые группы ламп вторичного эталона

Обозначение ламп	Сила света в междун. свечах I/VI 1935 г.	Сила тока в амперах	Напряжение в вольтах	Примечание
П-3-1	32,8	0,4633 ₂	106,91 ₂	Вторичный эталон СССР
П-3-2	33,2	0,4696 ₂	106,91 ₂	
П-3-3	33,8	0,4682 ₂	106,91 ₂	
П-3-4	34,1	0,4700 ₂	106,91 ₂	
П-3-5	33,9	0,4685 ₂	106,91 ₂	
П-3-6	32,9	0,4668 ₂	106,91 ₂	
	1/VI			
	3/VI	0,4667 ₂	106,91 ₂	
П-3-7	33,2	0,4679 ₂	106,91 ₂	Вторичный эталон УССР
П-3-8	34,1	0,4697 ₂	106,91 ₂	
П-3-9	32,7	0,4563 ₂	106,91 ₂	
П-3-10	33,9	0,4699 ₂	106,91 ₂	
67	34,6	0,4754 ₂	105,91 ₂	
571	31,1	0,4113 ₂	106,91 ₂	
573	32,6	0,4163 ₂	106,91 ₂	

Таблица 4.
Третичный эталон. Измерения 1935 г.

Обозначение ламп	Сила света в междун. свечах		Разница, в %, по отношению к 1931 г.	Сила тока ² в амперах		Разница, в %, по отношению к 1931 и 1933 гг.	Продолжительность пользования в часах
	14/VI 1931 г. и IV 1933 г.	3/VI 1935 г.		VI 1931 г. и IV 1933 г.	3/VI 1935 г.		
III-12	31,0	30,5 ₇	-1,1	0,4263 ₂	0,4252 ₂	-0,26	0,6
III-13	31,7	31,5 ₆	-0,5	0,4296 ₂	0,4292 ₂	-0,07	0,9
III-22	32,6	32,4 ₄	-0,5	0,4146 ₂	0,4136 ₂	-0,23	16,0
III-28	30,3	29,5 ₃	-2,4	0,4253 ₂	0,4227 ₂	-0,61	48,2
В среднем для всех ламп.			-1,1			-0,30	

¹ Что объясняется последующим внесением поправок к действителю напряжению (и недостаточной предусмотрительностью).

² При напряжении в 106,91₂ V.

Надо обратить внимание, что лампы П—2 измерялись при напряжении 106,90 В,¹ а не 107,00, как ранее. Это повлияло на некоторое уменьшение силы света (порядка 0,3%) и силы тока (порядка 0,06%). Лампы П—3 измерялись при напряжении 106,91 В.¹

Лампы П—2 еще ранее намечалось вывести из употребления, заменив их более совершенными лампами конструкции ВНИИМ. Первый шаг к этому был сделан еще в 1931 г., когда был образован вторичный эталон из ламп типа № 3 (см. ОСТ 8273) в количестве шести. На этот раз была установлена (табл. 3) новая группа П—3 в числе десяти ламп (типа № 3). Из них четыре переданы в УНИИМ (теперь Харьковский институт мер и весов). В табл. 4 приводятся данные для третичного эталона.

В работе деятельное участие принимали также В. Е. Карташевская и К. И. Несмачный. Измерения выполнялись 1 и 3 июня 1935 г.

Приложение

О ПЕРЕХОДЕ К НОВОМУ ЗНАЧЕНИЮ МЕЖДУНАРОДНОГО ВОЛЬТА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ЭТАЛОННЫМ ЛАМПАМ ФОТОМЕТРИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ ВНИИМ

1. Международный вольт изменен 25 мая 1934 г. постановлением Научно-технического совета ВНИИМ. Новое значение введено с 1 июня 1934 г. Международный вольт стал на 0,000132 V или на 0,013% больше. Соответственно этому новое напряжение у нормального элемента окзывается меньше прежнего значения.

2. В Фотометрической лаборатории изменение вольта и следствия из него имели место позже. Нормальные элементы были заново проверены в течение декабря 1934 г. Результаты такие (табл. 5).

Таблица 5

Время проверки (дата)	Значение, в международн. вольтах		№ элементов
	новое	прежнее	
7/XII	1,018 25	1,018 38	1493
7	1,018 26	1,018 39	1491
7	1,018 29	1,018 42	1332
7	1,018 30	1,018 42	1328
7	1,018 32	1,018 53	1327
7	1,018 38	1,018 77	1326
21	1,018 29	1,018 43	1330
1	1,018 27	1,018 37	363—I
1	1,018 28	1,018 37	363—II
1	1,018 24	1,018 38	153
1	1,018 27	1,018 40	564
1	1,018 29	1,018 40	142—I
1	1,018 29	1,018 41	142—II
1	1,018 26	1,018 39	166

¹ См. сноску 1 на стр. 16.

² Труды ВНИИМ, вып. 23 (30).



Как видно, значение напряжения действительно меньше прежнего на 0,013%.

3. Для того чтобы значение световых величин у эталонных ламп не изменилось, необходимо вместо прежнего номинального значения держать другое, меньшее прежнего на 0,013%. Так, например, вместо 107,000 V надо держать 106,986 V. Сила тока в лампе окажется прежней. Но вследствие изменения значения вольта сила тока в новом значении международного ампера окажется меньше на 0,013% (как и для вольта).

4. Если у эталонных ламп поддерживать прежнее номинальное значение напряжения, то действительное напряжение по сравнению с прежним возрастет на 0,013%. Вследствие этого световой поток или сила света увеличится на $0,047 \approx 0,05\%$. Данное увеличение меньше точности измерений вторичных и производных эталонов. Сила электрического тока по сравнению с прежней в действительности возрастет на 0,008%. Но вследствие увеличения значения ампера измеренная сила тока окажется меньше прежней на 0,005%.

5. Заключение. а) У основного эталона должно поддерживать напряжение в новом значении вольта, т. е. пониженное на 0,13%. При сопоставлении значения силы тока, вновь измеренного и прежнего, — вводить поправку, согласно п. 3.

б) У вторичных и производных эталонов напряжение также снижается, как сказано в п. а.

в) У образцовых ламп поддерживается номинальное напряжение в 107,00 V. У третичных эталонов можно также поддерживать напряжение номинальное в 107,00 V.

г) Применение нового напряжения вступает в силу с 27 февраля 1935 г. (В записях результатов измерений и в карточках на лампах делается отметка о новом значении напряжения и силы тока: „н. в.“ — новое значение вольта и „н. а.“ — новое значение ампера).

ИССЛЕДОВАНИЯ 1938 Г.

П. М. ТИХОДЕЕВ

В ближайшие годы (1939—1940) предполагается установить новый световой эталон в виде абсолютно черного тела. Заботы о сохранности существующего основного эталона подходят к концу. Тем не менее они еще существуют. Исследования по сохранности не только основного, но и вторичных эталонов все еще имеют весьма большое метрологическое и даже более широкое научное значение.

Электрические лампы накаливания — чрезвычайно удобный прибор для воспроизведения световых величин, а равно и величин лучистой энергии и, следовательно, для воспроизведения соответственных единиц. Даже и после перехода к новому, воспроиз-

водимому световому эталону электрические эталонные лампы будут попрежнему применяться в качестве вторичных эталонов и эталонов-свидетелей. Вот почему накопление знаний о поведении эталонных ламп в течение длительного времени весьма важно для научной и практической метрологии и притом не только в области фотометрии, но и в других, так как электрические лампы накалывания оказались в высокой степени необходимыми, например, в оптической пирометрии, в сенситометрии, в измерениях лучистой энергии (в видимой и соседних частях спектра). По изложенным причинам признано необходимым опубликовать накопленные Фотометрической лабораторией данные о многолетних наблюдениях над лампами основного и вторичного эталонов.

Дело хранения световых единиц связано не только с сохранностью эталонных источников света. Измерительная практика требует воспроизведения световых единиц при разных окрасках света эталонных, образцовых и рабочих светоизмерительных ламп. Переход от спектра основного эталона к спектру вторичного уже выполняется при разноцветных световых измерениях (цветовая температура вторичного эталона выше, чем у основного, примерно, на $40-80^{\circ}\text{C}$; соответственные измерения пока не производились).¹

Следовательно, особенности спектральной чувствительности глаз отдельных наблюдателей должны сказываться на итогах измерений.

Измерения лучистой энергии, в особенности по отдельным участкам спектра, пока еще только начинают развиваться во ВНИИМ. В первые годы работы Фотометрической лаборатории и, в частности, во время установления основного светового эталона подобных измерений не было. Спектральная чувствительность глаз участников световых измерений в действительности не могла быть известна надежным образом. Как известно, в таком же положении находились до последнего времени и метрологические учреждения других стран (кроме Бюро стандартов США, вероятно, до 1916—1918 гг.).

Участники измерений вместе с тем нередко менялись. Попятно, что это обстоятельство могло отражаться некоторым неблагоприятным образом при сопоставлении результатов измерений, повторявшихся на протяжении — к настоящему времени — тринадцати лет. Некоторое, притом также несколько неблагоприятное влияние происходило и от того, что спектр света на стороне лампы сравнения за данные годы не был постоянным и не всегда — из-за ряда практических затруднений — оказывался наиболее подходящим. Так было и в работе текущего года.

За последние три года число проверок светоизмерительных ламп значительно возросло. Поэтому вторичный эталон довольно

¹ Во ВНИИМ эталоны цветовой температуры еще не установлены.

часто применялся в дело. Наступило время очередного сличения его с основным.

Потребовалось применить основной эталон, что одновременно было использовано и для сличения с ним ряда ламп, предназначенных для последующего сличения со световыми эталонами Бюро стандартов США.¹

Признано было также желательным увеличить число ламп вторичного эталона сообразно возросшим надобностям. Именно, он пополнен десятью новыми лампами по 100 с (кругло) со П-4-1 по П-4-10. Лампы — конструкции ВНИИМ, типа № 5 (см. ОСТ 8273); изготовлены Московским электроламповым заводом в первой четверти 1938 г. Более длительно выдержанных ламп, к сожалению, быть не могло, так как подобные лампы лишь недавно стали изготовляться в достаточном количестве. Это неблагоприятное обстоятельство оказалось неустранимым. С одной стороны, Московский электроламповый завод обыкновенно выпускает лампы для эталонных целей довольно высокого качества, с другой — Фотометрическая лаборатория уже имеет большой опыт по применению ламп, качества которых еще не вполне изучены. Считается, что новые лампы включены во вторичный эталон лишь предварительно и условно. Они должны применяться с наибольшими возможными предосторожностями и с соблюдением всех установленных мероприятий, подтверждающих неизменность световых свойств ламп. Следует иметь в виду, что во вторичном эталоне имеется достаточное количество многолетне испытанных ламп, и потому добавление некоторого количества так сказать „молодых“ ламп неопасно.

Все световые и электрические измерения были выполнены почти в той же обстановке измерений, что и в 1930—1931 гг.,² но не в 1935 г.; стоит отметить, что в 1935 г. освещенность на испытательной пластинке светомерной головки равнялась 17 и 19 lx (от одной и другой лампы сравнения), т. е. выше против обычной. Как полагается, все приборы были предварительно осмотрены, испытаны и поверены. Было улучшено устройство для установки ламп сравнений (как и ранее, световые измерения производились с двумя лампами сравнения). Новое устройство позволяет устанавливать каждую из двух ламп сравнения на разном расстоянии от испытательной пластинки светомерной головки. В качестве ламп сравнения применялись лампы типа № 3 (см. ОСТ 8273) отечественного изготовления. Окраска света их заметным образом отличалась. Одна лампа создавала освещенность на испытательной пластинке около 14,1 lx, а другая — около 15,4. Таким образом, измерения по обеим лампам производились в несколько разных условиях, что было преднамеренно, дабы придать наблюдениям несколько большую независимость.

¹ Эта работа еще продолжается.

² На скамье № 1.

В световых измерениях участвовало четверо наблюдателей. Три из них измеряли и в 1935 г. Лишь один участвовал в сличениях 1925, 1927, 1930 и 1931 гг. Четвертый наблюдатель, как выяснилось позже и, главным образом, по другим измерениям, в своих показаниях при разноцветных измерениях заметно отклоняется от остальных трех. Поэтому некоторые вычисления сделаны отдельно для трех и для четырех наблюдателей.

Измерения производились 8, 9 и 10 июня 1938 г. Каждый день применялось шесть ламп основного эталона. Ввиду большого числа измерявшихся ламп вторичного эталона, а также и ламп, предназначенных для сличения со световым эталоном Бюро стандартов США, измерения заняли три дня. В связи с этим первые шесть ламп основного эталона (I—A с 1 по 6) зажигались дважды (8 и 10 июня). За один рабочий день измерялось 16 и более ламп. Лампы основного эталона зажигались в середине работы. При вычислении силы света каждой лампы принимались во внимание показания лишь тех шести ламп основного эталона, которые измерялись, именно, в данный день. Для ламп основного эталона брались значения сил света, установленные в 1925 г. Как выяснилось (табл. 1), сила света одной (второй) лампы сравнения почти не изменилась за три дня горения (и каждый день по 7 часов, приблизительно). Что же касается другой (первой) лампы сравнения, то второй и третий дни горения сила света не менялась; но она отличается от значения первого дня, примерно, на $0,8\%$. Вероятным кажется предположение, что эта лампа была несколько сдвинута со своего положения при обтирании перед началом работ во второй день. Это обстоятельство не могло повлиять на итоги измерений.

Таблица 1

Освещенность на светомерной головке от лампы сравнения (в люксах), по измерениям отдельных наблюдателей в июне 1938 г.

День измерений	Лампа сравнения	1-й наблюдатель	2-й наблюдатель	3-й наблюдатель	4-й наблюдатель	Среднее
8 VI	1-я	14,24	14,15	13,97	14,50	14,22
9		14,08	14,04	13,87	14,37	14,09
10		13,99	14,07	13,86	14,34	14,09
8	2-я	15,36	15,26	15,09	15,73	15,38
9		15,34	15,31	14,98	15,70	15,33
10		15,36	15,39	15,11	15,72	15,39

Световые измерения начинались через 4—4,5 минуты после зажигания лампы и продолжались чаще всего 9—10 минут. После этого измерялся электрический ток в лампе (затем лампа выключалась).

Все полученные данные сведены в табл. 2, 3 и 4. О лампах основного эталона можно сказать, что они сохранились вполне удовлетворительно. Замеченные отклонения в силах электрического тока у всех ламп — совершенно того же порядка, что наблюдались в предшествующие годы, и лежат в допустимых пределах. Некоторое выпадение силы тока у лампы I—A—4 при повторном ее измерении (10/VI 1938 г.) нужно считать заметным. Однако, пока этому не придано значения, вопрос остается открытым до следующих сличений. Если даже лампа действительно немного изменилась,¹ то влияние этого на конечные результаты измерений практически неощутимо. Отклонения в силе света каждой лампы основного эталона — того же порядка, что и в предшествующие измерения более ранних годов.

Точность световых и электрических измерений сохранилась такой, какой она была достигнута, можно сказать, при установлении основного эталона. Пока еще не было найдено способа повысить точность световых измерений, что же касается электрических, то их точность повышать не имеет смысла, так как устойчивость ламп в качестве приемников электрического тока не достаточно велика. Приходится попутно отметить, что электрические измерения 1935 г. (см. выше, стр. 13 и далее) обладали несколько пониженной точностью.²

Относительно вторичного эталона можно сделать следующие выводы. Сила света ламп с обозначениями П—3 в числе пяти,³ наиболее часто применявшихся в дело для метрологической практики и поверочных работ, отклоняется теперь от данных 1935 г. в среднем на $-0,4\%$ (учитывая поправку на изменение напряжения: в 1938 г. напряжение 107,00 V, а в 1935 г. — 106,91 V). Разница в силе тока $+0,04\%$ (с учетом поправки на изменение напряжения). Для первого пятка ламп П—2 (без лампы П—2—2, выведенной из употребления) отклонение в силе света $-0,9\%$, а в силе тока $+0,02\%$ (с поправками на разницу в напряжениях). Для второго пятка ламп П—2 разницы даже несколько больше. Но этот пяток в дело вовсе не применялся.

Важно обратить внимание, что данные измерений 1938 г. для всех десяти ламп П—2 достаточно близки к измерениям 1931 и 1927 гг. По совокупности всех обстоятельств приходится считать, что измерения 1935 г. производились в неблагоприятной обстановке и с точностью несколько ниже обычной. Несомненно, представляло бы важное практическое значение изучение причин выпадения этих измерений. Однако, это не могло быть сделано, так как, в сущности, лишь по выполнению всех измерений 1938 г. и после их длительной обработки с

¹ А не произошла неточность в измерениях.

² Возникло предположение, что установка была еще недостаточно просушена после отсырения. Это снизило точность электрических измерений.

³ Лампа П—3—1 погибла в начале 1938 г. от внешних сотрясений.

Таблица 2

Основной световой эталон СССР. Измерения 8—10 июня 1938 г.

Обозначение лампы	Сила света, в мекдун, свечдкс				Разница в силе света 1938 г., в % по отношению к 1935 г.				Сила тока в амперах 1938 г.		Разница в силе тока 10/V ₁ 1938 г., в % по отношению к		Отклонения отдельных наблюдателей в измерениях силы света 10/V ₁ 1938 г., в %				
	1925 г.		1935 г.		1925 г.		1935 г.		8/V ₁	10/V ₁	1925 г.	1935 г.	1-й	2-й	3-й	4-й	
	8/V ₁	10/V ₁	8/V ₁	10/V ₁	8/V ₁	10/V ₁	8/V ₁	10/V ₁	8/V ₁	10/V ₁							
1-A-1	20,06	19,85	19,95	19,87	-0,6	-1,0	+0,5	+0,1	0,2858 ₁	0,2858 ₁	-0,02	+0,07	-0,5	+0,3	+0,6	+0,2	
1-A-2	19,84	19,90	19,81	19,87	-0,2	+0,2	-0,5	-0,1	0,2872 ₂	0,2872 ₂	-0,03	+0,04	-0,2	-0,0	+0,3	+0,0	
1-A-3	20,54	20,61	20,50	20,61	-0,2	+0,3	-0,6	-0,0	0,2869 ₃	0,2869 ₃	+0,06	+0,00	+0,4	-0,2	-0,4	+0,3	
1-A-4	20,08	20,11	20,12	19,97	+0,2	-0,6	+0,1	-0,7	0,2864 ₄	0,2864 ₄	(-0,02 ²)	(+0,02 ²)	+0,5	+0,5	-0,3	+0,3	
1-A-5	20,00	20,13	20,12	20,12	+0,6	+0,6	+0,0	-0,1	0,2868 ₅	0,2868 ₅	-0,02	+0,05	+1,1	+0,2	-0,8	-0,5	
1-A-6	20,33	20,26	20,34	20,43	+0,1	+0,5	+0,5	+0,8	0,2880 ₆	0,2880 ₆	-0,04	+0,02	-0,0	-0,2	+0,6	-0,4	
В среднем для одной лампы				±0,3		±0,3		±0,3		-0,03		+0,04		±0,3		±0,1	
В среднем для всех ламп				±0,3		±0,3		±0,3		-0,03		+0,04		±0,3		±0,0	
1-A-7	19,38		19,33		9/V ₁				9/V ₁		+0,07		9/V ₁	9/V ₁	9/V ₁	9/V ₁	
1-A-8	19,73		19,62		-0,3				0,2864 ₁		+0,05		-0,1	-0,2	+0,7	-0,5	
1-A-9	21,13		21,26		-0,6				0,2856 ₂		-0,02		+0,2	+0,3	-0,7	+0,1	
1-A-10	20,71		20,75		+0,6				0,2884 ₃		+0,01		-0,1	+0,2	-0,1	-0,0	
1-A-11	20,05		20,02		-0,2				0,2880 ₆		-0,01		+0,3	-0,1	-0,1	-0,1	
1-A-12	20,34		20,39		+0,2				0,2872 ₆		-0,01		-0,1	+0,1	+0,2	+0,1	
В среднем для одной лампы				±0,2		±0,2		±0,2		-0,01		+0,01		±0,1		±0,4	
В среднем для всех ламп				±0,2		±0,2		±0,2		±0,01		±0,01		±0,2		±0,3	

1 Измерения 8/V₁ 1938 г. имеют значительно меньшие отклонения.2 Измерения 8/V₁ отклонения для измерений 10/V₁: -0,18% и -0,13.

Таблица 3

Вторичный эталон международной свечи.
Измерения 8 и 10 июня 1938 г.

Обозначение лампы	Сила света в между. свечах			Разница в силе света 1938 г. в % по отношению к 1935 г.		Сила тока в амперах		Разница в силе тока 1938 г. в % по отношению к 1935 г.	Продолжительность горения за 1935—1938 гг. в часах
	1935 г. ¹	1938 г.		по трем наблюдат.	по четырем наблюдат.	1935 г. ¹	1938 г.		
		по трем наблюдат.	по четырем наблюдат.						
II-2-1	37,2 ₀	36,8 ₈	36,9 ₇	-1,1	-0,8	0,4244 ₀	0,4248 ₁	+0,09	4,4
II-2-2	33,4 ₄	35,5 ₅	35,6 ₄	(+6,5)	(+6,6)	0,4178 ₆	0,4184 ₁	(+0,15)	—
II-2-3	36,9 ₀	36,7 ₀	36,8 ₄	-0,5	-0,2	0,4249 ₁	0,4251 ₂	+0,04	5,0
II-2-4	36,0 ₀	35,5 ₅	35,8 ₅	-1,0	-0,6	0,4209 ₁	0,4212 ₂	+0,08	5,5
II-2-5	35,1 ₇	35,2 ₂	35,2 ₈	+0,1	+0,3	0,4166 ₇	0,4171 ₅	+0,12	5,8
В среднем для одной лампы				±0,7	±0,5			+0,08	
В среднем для всех ламп				-0,6	-0,3			+0,08	
II-2-6	37,2 ₀	36,9 ₄	37,1 ₀	-0,9	-0,5	0,4256 ₁	0,4265 ₂	+0,21	0
II-2-7	37,2 ₀	36,8 ₈	37,0 ₀	-1,0	-0,7	0,4232 ₂	0,4239 ₂	+0,14	0
II-2-8	36,8 ₄	36,6 ₁	36,7 ₅	-0,6	-0,3	0,4248 ₆	0,4255 ₆	+0,16	0
II-2-9	37,0 ₇	37,0 ₄	37,1 ₇	-0,1	+0,3	0,4211 ₇	0,4218 ₀	+0,15	0,2
II-2-10	37,0 ₀	36,5 ₅	36,6 ₄	-1,2	-1,0	0,4247 ₂	0,4252 ₀	+0,13	0
В среднем для одной лампы				-0,7	±0,6			+0,16	
В среднем для всех ламп				-0,7	-0,5				
II-3-2	33,1 ₀	33,1 ₀	33,2 ₂	-0,1	+0,2	0,4696 ₀	0,4701 ₄	+0,10	6,4
II-3-3	33,7 ₆	33,7 ₆	33,8 ₁	+0,0	+0,2	0,4682 ₄	0,4692 ₁	+0,21	8,3
II-3-4	34,1 ₄	34,1 ₇	34,2 ₈	+0,0	+0,4	0,4700 ₅	0,4705 ₁	+0,10	9,9
II-3-5	33,8 ₇	33,6 ₂	33,7 ₇	-0,6	-0,3	0,4685 ₂	0,4689 ₀	+0,08	11,8
II-3-6	32,9 ₆	32,9 ₆	32,9 ₇	-0,0	+0,0	0,4670 ₇	0,4672 ₅	+0,04	11,4
В среднем для одной лампы				±0,1 ₂	±0,2			+0,10	
В среднем для всех ламп				-0,1	±0,1			+0,10	

¹ В 1935 г. у лампы II-2 поддерживалось напряжения 106,89₀ V, а у лампы II-3 — 106,91₂; в 1938 г. у всех ламп — 107,00₀ V.

Таблица 4

Новые лампы вторичного эталона международной свечи.
Измерения 1938 г.

Обозначение лампы	Сила света в <i>междул. свечах</i>	Сила тока в амперах	Отклонения отдельных наблюдателей в измерениях силы света, в %			
			1-й	2-й	3-й	4-й
П-4-1	103,9	1,4002	+0,1	-0,4	-0,2	+0,4
П-4-2	101,6	1,3998	+0,4	-0,0	-0,4	+0,0
П-4-3	105,1	1,4079	+0,3	+0,1	-0,7	+0,2
П-4-4	96,7	1,4020	+0,3	+0,1	-0,4	+0,5
П-4-5	99,6	1,4034	+0,1	-0,3	-0,3	+0,5
В среднем для одной лампы			±0,2	±0,2	-0,4	+0,3
В среднем для всех ламп			+0,1	-0,1	-0,4	+0,3
П-4-6	102,5	1,4056	-0,1	+0,4	-0,4	+0,1
П-4-7	102,8	1,4038	-0,3	+0,3	-0,2	+0,2
П-4-8	100,1	1,4018	+0,2	+0,1	-0,5	+0,2
П-4-9	100,6	1,4026	-0,4	+0,4	-0,3	+0,4
П-4-10	102,7	1,4115	+0,3		-0,4	+0,1
В среднем для одной лампы			±0,3	+0,3	-0,4	+0,2
В среднем для всех ламп			+0,0	+0,3	-0,4	+0,2

достоверностью выяснилась пониженная точность измерений 1935 г. Как можно думать, практического значения, т. е. для поверочных работ, рассматриваемое обстоятельство не имело, так как за годы 1935—1938 вторичный эталон применялся лишь для проверок рабочих, а не образцовых светоизмерительных ламп.

Вместе с тем признано необходимым установить еще дополнительные меры для более разностороннего подтверждения достоверности получаемых наблюдений и измерений. Какие именно — дело дальнейших работ. Можно лишь предвидеть, что в развитом виде надлежит: 1) повторять измерения в измененных условиях и 2) предварительно наиболее тщательно готовить для измерений обе имеющиеся в лаборатории и совершенно независимые светоизмерительные (и электронизмерительные) установки, и сопоставлять измерения на обеих установках. Возможно, что часть ламп основного эталона надо применять для измерений два раза. То же предпочтительно и для вторичного эталона.

Лампы вторичного эталона П-2 еще раньше было решено вывести из употребления. За ними была замечена недостаточная устойчивость. Особенно резко сказывалось это на лампах П-2-2 и П-2-8, которые в практическом деле уже давно не

применяются, а исследуются лишь с целью накопления опыта по изучению поведения сомнительных ламп. Лампы II—3 вместе с тем обнаруживают удовлетворительные качества. Наряду с этим они гораздо удобнее для работ. К сожалению, пока еще число таких ламп, длительное время испытанных, не велико, что может быть изжито лишь постепенно. Наиболее удобный путь — предварительное применение ламп в качестве третичного эталона (или образцовых) и последующий перевод во вторичный. Впрочем, изложенные соображения могут подвергнуться значительным изменениям в недалеком будущем, когда заново потребуются устанавливать вторичные эталоны при переходе к новому световому эталону.

Остается еще добавить о способах длительного хранения ламп. Все двенадцать ламп основного эталона три года (1935—1938) находились в ранее описанном (в прежних работах) ящике (и хранилище) совершенно неподвижно и без какого-либо тревоживания (даже без досмотра). Тем не менее колбы по преимуществу в верхней части хотя и слабо, но запылились. Более заметно запылелась лампа, находившаяся в том углу ящика, который был расположен как раз в углу хранилища. Надо думать, что это — место наиболее заметного движения воздуха и в помещении и в ящике. Как и отмечалось в предыдущих отчетах из денты (льняной тесьмы), на которой висит колба лампы, на колбу переходит — в месте соприкосновения — незначительное количество смолистого вещества. Пыль легко отмывается водой, а смолистое вещество — спиртом.

В общем, принятый способ хранения за 13 лет полностью себя оправдал. Прежде всего имелось в виду предохранить лампы от повреждений из-за толчков и дрожаний. Это достигнуто целиком. Химических воздействий вначале, собственно, не опасались: опасно было бы ухудшение качества поверхности стекла. Но само по себе стекло является довольно стойким веществом. Тем не менее, способы хранения надо время от времени пересматривать, чтобы проверить, нельзя ли внести дальнейшие усовершенствования. Это тем более необходимо, что в принятом способе лампа все же находится в окружении ряда органических испарений, конечно, чрезвычайно медленно и в самых незначительных количествах выделяющихся из предметов, окружающих лампу. Сюда относятся: дерево, льняная тесьма, резиновые ножки и припаянные к лампе электрические провода, имеющие обычную изоляцию из бумажной крашеной оплетки и вулканизированной резины.

После изучения возникающих здесь вопросов, были приняты такие решения.

1. Эталонная лампа должна иметь припаянные медные гибкие провода без изоляции. При измерениях лампы нетрудно сделать, чтобы провода, находящиеся под разным электрическим напряжением, были отодвинуты друг от друга на достаточное

расстояние; можно даже при работе их дополнительно электрически изолировать. Возможно, что у имеющихся припаянных изолированных проводников допустимо снять изоляцию, не трогая медные жилы. Однако такое снятие при несчастливом стечении обстоятельств может повлечь повреждение лампы. Разрешение этого вопроса приурочивается ко времени установления нового светового эталона.

2. Каждая эталонная лампа должна храниться в своей отдельной металлической коробке. Лампа в ней держится на металлическом захвате, зажимающем цоколь. Захват прикрепляется к двум коробкам через ряд пружин, гасящих сотрясения. От возможных ударов колбы о стенки предохраняют другие пружины. Коробка имеет пружинящие ножки (с гашением колебаний). Таким образом, кругом лампы будут только металлические части.

3. Чтобы в наибольшей степени уменьшить обмен воздуха в коробке с наружным воздухом, крышка коробки должна соприкасаться с последней по возможно большей поверхности. Поверхности соприкосновения должны быть волнистыми, чтобы были резкие изменения зазора от очень малого до нескольких миллиметров. Это затруднит обмен воздуха и создаст благоприятные условия для оседания пыли в расширениях зазора.

Осуществление намеченных мероприятий предлагается начать с текущего года.

В выполнении работы, кроме автора, приняли в разной степени участие: В. Е. Карташевская, К. И. Несмачный, К. Ю. Лукинская и М. П. Король. Особенно деятельное участие принимала В. Е. Карташевская.

**СОХРАННОСТЬ ПЕРВИЧНОГО (ПРОИЗВОДНОГО)
ЭТАЛОНА ЕДИНИЦЫ СВЕТОВОГО ПОТОКА
ЗА ГОДЫ 1928—1938**

ИССЛЕДОВАНИЯ 1931—1932 ГГ.

(Сохранность первой группы второй части производного эталона люмена СССР
за 1931—1932 гг.)¹

К. И. НЕСМАЧНЫЙ, М. В. СОКОЛОВ и П. М. ТИХОДЕЕВ

Неизменность или достаточно малая изменчивость газополных электрических ламп накаливания за время длительного хранения их без употребления в дело, определяется по тем же признакам, как и у пустотных ламп.²

Однако газополные лампы имеют некоторое преимущество, так как благодаря присутствию в колбе газа под некоторым давлением (около $\frac{2}{3}$ наружного) вместо разрежения, опасность проникновения воздуха в колбу в значительной мере снижена.

В октябре 1932 г. представилось необходимым зажечь первую группу ламп второй части производного эталона люмена СССР с П—1—21 по П—1—30 для сличения с ними группы в 15 ламп, сличенных с эталоном люмена-Гефнера в Physikalisch-Technische Reichsanstalt.³

Наружный осмотр ламп показал, что на нижней наружной части колбы, именно, той, которая соприкасалась с ватой, считавшейся достаточно чистой и сухой, имеется осадок (в виде мутных пятен). Последний легко смывался водой. Для устранения его в дальнейшем под лампу подложена чистая белая марля. Очевидно, сроки наружного осмотра надо сократить.

Результаты измерений ламп приведены в табл. 1. Обращает на себя внимание некоторое увеличение потребляемого электрического тока. При этом следует отметить, что во время настоящих измерений лампы ввертывались в патрон, а не припаивались к токоведущим проводникам, как это было при предыдущих

¹ См. Е. Д. Девяткова, „Установление второй части производного эталона люмена СССР“, изд. ВНИИМ, № 133, 1934 г.

² См. П. М. Тиходеев, „Световые эталоны-свидетели...“ „Временник“, № 3/15, стр. 149.

³ См. П. М. Тиходеев, „Сравнение единиц светового потока СССР и Германии при помощи газополных ламп“. Изд. ВНИИМ, № 133, 1934 г.

Таблица 1

Результаты измерений верной группы второй части производного эталона люмена СССР
(4 и 5 октября 1932 г.)

Обозначение ламп	Результаты измерений 1930 г.		Световой поток, в люменах Измерения в шаре в 1930 г.	Результаты измерений в шаре в 1932 г.		Разница в световом потоке по измерениям в шаре 1932 г. по отношению к данным измерениям в шаре в 1930 г. в %	Разница в силе тока по измерениям в шаре 1932 г. в % по отношению к данным в шаре в 1930 г.
	Световой поток на расшир. фотом. в люменах	Сила тока в амперах		Световой поток в люменах	Сила тока в амперах		
П-1-21	1823	1,2044 ₀	1893	1603	1,2647	-0,0	+0,02
П-1-22	1601	1,2467 ₂	1606	1607	1,2470	+0,1	+0,02
П-1-23	1616	1,2393 ₂	1604	1615	1,2398	+0,7	+0,04
П-1-24	1820	1,2769 ₄	1815	1801	1,2770	-0,7	+0,00
П-1-25	1575	1,2312 ₂	1695	1605	1,2322	-0,0	+0,08
П-1-26	1557	1,2325 ₀	1573	1572	1,2331	-0,0	+0,05
П-1-27	1594	1,2491 ₂	1678	1672	1,2494	-0,4	+0,02
П-1-28	1650	1,2484 ₂	1645	1649	1,2491	+0,2	+0,05
П-1-29	1589	1,2298 ₂	1582	1569	1,2403	-0,8	+0,04
П-1-30	1559	1,2372 ₂	1570	1585	1,2378	+0,9	+0,05
Среднее для всех ламп							+0,03

измерениях (в 1930 г.); это могло бы привести лишь к некоторому, правда очень незначительному (порядка 0,01%), уменьшению силы тока. Объяснение увеличению тока сейчас не может быть дано. Лишь измерения тока после дальнейшего длительного хранения ламп и сопоставление с изменением или неизменностью тока у ламп остальных двух групп второй части эталона в некоторой мере могло бы помочь выяснению сохранности ламп за время длительного хранения. Необходимо добавить, что лампы изготовлены в начале 1926 г. и перед включением их в эталон выдерживались в течение четырех лет.

Обнаруженное изменение тока на $+0,03\%$ по своему возможному влиянию на световой поток лампы лежит в пределах точности световых измерений.

Часть ламп первой группы понадобилось для повторных измерений германских ламп вторично зажечь. Результаты измерений приведены в табл. 2. Заслуживает внимания то обстоятельство, что значения силы тока теперь приблизились к данным 1930 г. Последние данные получены при условии, что за несколько дней перед тем лампы горели. Таким образом, при повторных измерениях 1932 г. лампы находились по своему состоянию ближе к их состоянию в 1930 г., чем при первоначальных измерениях 1932 г.

Таблица 2

Повторные измерения части ламп первой группы
(29 октября 1932 г.)

Обозначение ламп	Результаты измерений 1930 г.		Световой поток, в люменах. Измерения в шаре 1930 г.	Результаты измерений в шаре 29/X 1932 г.		Разница в световом потоке, измеренном 29/X 1932 г., по отношению к данным измерений в шаре 1930 г., в %	Разница в силе тока по измерениям 29/X 1932 г., в %, по отношению к данным 1930 г.
	Световой поток на распр. фотом. в люменах	Сила тока, в амперах		Световой поток в люменах	Сила тока, в амперах		
П-1-23	1616	1,2393 ₃	1604	1614	1,2395	+ 0,6	+ 0,01
П-1-24	1820	1,2769 ₄	1815	1795	1,2765	- 1,1	- 0,03
П-1-25	1575	1,2312 ₈	1605	1580	1,2321	- 1,6	+ 0,07
П-1-26	1557	1,2325 ₃	1573	1579	1,2328	+ 0,4	+ 0,01
П-1-27	1694	1,2491 ₇	1678	1691	1,2494	+ 0,7	+ 0,00
В среднем для всех ламп						- 0,7 ₈	+ 0,0 ₁₀

Следует отметить, что первоначальные измерения (1932 г.) производились при температуре в комнате (и всех измерительных приборов) около 13° С; повторные — при 17,5° С. Точность первоначальных электрических измерений должна считаться пониженной, так как при столь низкой температуре за точность показаний электрических приборов уже трудно поручиться (вследствие того, что, хотя поправки к показаниям нормальных элементов Вестона и образцовых катушек сопротивлений известны, но для прочих приборов — делители напряжений и потенциометры — они неизвестны; кроме того, можно опасаться влияния термоэлектродвижущих сил в измерительных цепях).

Как видно из сопоставления первых и повторных измерений, электрический ток у отдельных ламп не является вполне устойчивым, что, впрочем, является свойством, присущим газополным лампам, в особенности для того устройства, которое имеется у первой группы ламп: без жесткого закрепления в крючках.

Что касается результатов световых измерений, то в отношении их можно отметить следующее. Световая устойчивость ламп несколько выходит за пределы точности световых измерений. Это обстоятельство также присуще газополным лампам и еще ранее отмечалось при установлении эталона. Точность измерений повышается путем применения большего количества ламп. Вторая группа ламп производного эталона люмена — конструкции ВНИИМ — в отношении устойчивости более удовлетворительна.

Поля сравнения фотометра при световых измерениях были почти одноцветны, и влияние на результаты измерений каждого наблюдателя было незначительно (наблюдателей было трое).

Зажигание эталона было использовано также для двух целей: 1) изготовление дополнительных ламп вторичного эталона и 2) сличение первой и второй части эталонов люмена.

Вторичный эталон был пополнен четырьмя газополными лампами, конструкции ВНИИМ, изготовленными по его заказу заводом „Светлана“ в феврале 1931 г. В августе 1931 г. лампы были предварительно отожжены. Результаты измерений даны в табл. 3.

Таблица 3
Новые лампы вторичного эталона люмена

Обозначение лампы	Световой поток в люменах	Сила тока, в амперах
ПВ-2-50	1751,8	1,5839
ПВ-2-51	1818,0	1,5999
ПВ-2-52	1761,5	1,5791
ПВ-2-53	1774,4	1,5780

Таблица 4

Измерения светового потока пустотных ламп эталон-свидетеля люмена IV по газополным лампам первой группы второй части эталона люмена

Обозначение ламп	Световой поток в люменах		Напряжения в вольтах	Сила тока, в амперах		Световая отдача в люменах на 1 ватт	Разница, в $\frac{1}{100}$, по измерениям 1928 и 1932 г. по отношению к 1928 г.		Разница, в $\frac{1}{100}$, в световом потоке намер. 29/X по отношению к намер. 5/X 1932 г.
	1928 г.	1932 г.		1928 г.	1932 г.		Световой поток	Сила тока	
Первоначальные измерения 5/X 1932 г.									
СП-IV-1	426	425	107,00%	0,50374	0,50340	7,89	-0,1	-0,07	
СП-IV-2	422	423	107,00%	0,50357	0,50307	7,86	+0,1	-0,10	
СП-IV-3	407	410	107,00%	0,49802	0,49785	7,69	+0,8	-0,03	
СП-IV-4	408	410	107,00%	0,49859	0,49852	7,69	+0,7	+0,01	
СП-IV-5	411	417	107,00%	0,50176	0,50100	7,77	+1,3	-0,15	
В среднем для всех ламп									
Повторные измерения 29/X 1932 г.									
СП-IV-2	422	428	107,00%	0,50357	0,50300	7,96	+1,3	-0,11	+1,2
СП-IV-4	408	413	107,00%	0,49859	0,49855	7,74	+1,2	-0,01	+0,6
СП-IV-5	411	423	107,00%	0,50176	0,50108	7,87	+2,8	-0,13	+1,4
В среднем для всех ламп									
							+1,8	-0,09	+1,1

Сличение первой части эталона люмена — в виде пустотных ламп и второй части — в виде газополных ламп, горящих при сильно различающихся цветовых температурах, в светомерном шаре до сих пор не было произведено. Были лишь косвенные измерения — помощью вторичных и третичных эталонов, которые показывали удовлетворительное (в пределах около 1%) совпадение значения люмена, воспроизводимых обеими группами эталонных ламп. На результаты сличения оказывают в большей или меньшей мере влияние следующие обстоятельства: 1) отступление от белизны окраски шара, 2) неоднородность окраски отдельных мест и 3) неодинаковое распределение света по разным направлениям у пустотных и газополных ламп.

Для измерений были взяты пять пустотных ламп эталон-свидетеля четвертого СП—IV, с 1 по 5.¹ 5 октября они были сличены с лампами с П—I—26 по П—I—30 (табл. 4). Так как измерения этого дня были частично подвергнуты сомнению (но в отношении не перечисленных ламп, а других),² то частично они были повторены 29 октября 1932 г. Повторные измерения от первоначальных отличаются на 1,1% (по трем лампам).

Указанному сличению не придавалось особенного метрологического значения, и оно являлось побочным при других измерениях, поэтому для него не были созданы наилучшие условия. 1) Яркость полей сравнения при измерениях пустотных ламп была несколько меньше желательной, что могло повлечь к незначительному, впрочем, преувеличению их светового потока, и 2) число наблюдателей было незначительно для достаточно точных разноцветных световых измерений, имевших место в данном случае. В частности, влияние одного наблюдателя при первых измерениях сказывалось как 0,3%, а при повторных — 0,8% (повышение влияния могло быть вызвано уменьшением числа ламп).

В общем, отношение люмена по пустотным лампам к люмену по газополным при измерениях в светомерном шаре (на основании первых и повторных измерений, причем последним было придано значение 0,6 вследствие меньшего числа ламп) оказывается равным 1,00. Это соотношение следует призвать вполне удовлетворительным, если принять во внимание все отмеченные выше обстоятельства измерений.

¹ См. „Временник“ № 4 (16), 1930, стр. 53.

² См. П. М. Тиходева, „Сравнение единиц светового потока СССР и Германии (1932 г.)“.

ИССЛЕДОВАНИЯ 1933 г.

(Установление третьей части первичного эталона люмена СССР)

К. И. НЕСМАЧНЫЙ

Наблюдаемое за последнее время в СССР значительное расширение областей применения электрических ламп больших мощностей поставило перед Фотометрической лабораторией ВНИИМ задачу изготовить третью часть первичного эталона люмена СССР из ламп большой мощности, использование которой при измерениях ламп больших мощностей должно повысить точность и быстроту поверок и измерений.

Для установления (в 1933 г.) третьей части эталона было выбрано из запасов лаборатории 10 ламп завода Филипс мощностью 750 W с номинальным напряжением 115 V. Отобранные лампы по своей конструкции мало отличаются от ламп промышленного типа. Отличаются они отсутствием клейма на колбе лампы, припайкой нити накаливания к электродам и фарфоровой изоляцией цоколя.

После отбора ламп по внешнему осмотру они были поставлены на отжиг при напряжении, повышенном на 5% по сравнению с номинальным. Лампы при отжиге находились в вертикальном положении цоколем вверх. Отжиг продолжался 43 часа, что соответствует продолжительности горения лампы при нормальном напряжении около 90 часов. Эта продолжительность отжига является достаточной для дальнейшего постоянства светового потока. Исследование постоянства потребляемого лампами тока при повторных включениях показало колебание тока в среднем около $\pm 0,05\%$. Отклонения величины тока, потребляемого лампой, при значительных сотрясениях и ударах, как в холодном состоянии так и при горении, лежали в пределах $\pm 0,04\%$, причем эти отклонения исчезали после 3—4 минут горения лампы и ток возвращался к своей начальной величине.

После отжига из десяти ламп была выделена группа в пять ламп для образования третьей части эталона люмена, а остальные пять ламп были предназначены для образования группы ламп копии эталона. В качестве рабочего напряжения ламп обеих групп было принято пониженное напряжение, именно 105 V.

Световые измерения группы ламп третьей части эталона люмена производились на новом распределительном фотометре конструкции Фотометрической лаборатории. Главной особенностью этого фотометра является отсутствие вспомогательных зеркал, служащих в обычных распределительных фотометрах источниками значительных погрешностей измерений.

При измерениях лампа помещалась в держателе вращающегося штатива цоколем вверх и вращалась со скоростью 80 оборотов в минуту. Подвод тока к лампе производился при посредстве голых проводников, припаянных к контактам лампы и контактному

кольцам вращающегося штатива. Световой поток от эталонируемой лампы падал на испытательную пластинку из сернокислого бария, которая находилась на расстоянии около 2 м от светового центра лампы и могла поворачиваться в вертикальной плоскости вокруг нее. Пластинка со стороны лампы сравнения была из сернокислого бария с примесью берлинской лазури. Голубоватый оттенок пластинки был подобран так, чтобы получить наиболее одинаковые цвета обеих полей сравнения.

Принятое устройство оптической системы фотометра способствовало исключению всех средин с избирательным поглощением.

Измерения силы света лампы производились при перемещении испытательной пластинки вокруг эталонируемой лампы через каждые 5° во всех поясах от 0 до 360° . Во время измерений у эталонируемой лампы и у лампы сравнения поддерживалось постоянное напряжение с точностью до 0,01 V.

Определение силы тока измеряемой лампы производилось в середине и при конце измерений на распределительном фотометре. Наибольшие отклонения силы тока ламп третьей части эталона люмена во время этих измерений, а также при последующих измерениях в светомерном шаре от среднего значения силы тока приведены в табл. 1.

Измерения силы света ламп третьей части эталона люмена СССР производились в следующей последовательности. После установки лампы на вращающемся штативе лампа включалась в цепь тока и устанавливалось требуемое напряжение на ее зажимах. Измерение силы света начиналось через пять минут после включения лампы и производилось одним наблюдателем для всех поясов от 0 до 360° через 5° . После окончания работы первого наблюдателя, тот же процесс работы повторялся вторым наблюдателем, а после него третьим. По окончании измерений эталонируемой лампы тремя наблюдателями эта лампа снималась и на распределительном фотометре устанавливались последовательно одна за другой пять ламп первого пятка вторичного эталона силы света таким образом, что световой центр светящейся нити совпадал с точкой, соответствовавшей положению светового центра исследуемой лампы.

Вычисление светового потока по полученным данным производилось следующим образом: для каждого пояса определялись освещенность и световой поток. Световой поток отдельных поясов суммировался. В полученные результаты вводилась поправка на изменение светового потока, получающегося за счет

Таблица 1

№ ламп	Относительное изменение силы тока, в %
1	0,03
2	0,02
3	0,05
4	0,01
5	0,09

вращения лампы, так как исследования, произведенные при установлении первой и второй части эталона люмена, показали, что световой поток ламп при вращении получает некоторые отклонения от величин, соответствующих неподвижному состоянию ламп. На основании этих же исследований скорость вращения лампы поддерживалась равной 80 оборотам в минуту, как наименьшая скорость, обуславливающая допустимую погрешность измерений. Для определения влияния вращения ламп при измерениях были поставлены дополнительные измерения в шаре (табл. 2).

Таблица 2

Изменения силы тока и светового потока вследствие вращения для ламп третьей части эталона люмена

№ ламп	Отношение силы тока неподвижной лампы к силе тока вращающейся	Отношение светового потока вращающейся лампы к световому потоку неподвижной
1	1,0044	1,013 ₈
2	1,0034	1,013 ₈
3	1,0054	1,036 ₈
4	1,0045	1,021 ₈
5	1,0047	1,017 ₈

Табл. 3 дает принятые значения силы тока и светового потока ламп третьей части производного эталона люмена СССР.

Таблица 3

№ ламп	Сила тока, в амперах	Световой поток в люменах
1	6,013 ₈	8830
2	6,069 ₈	8800
3	6,065 ₈	8730
4	6,050 ₈	9210
5	6,047 ₈	9310

Для окончательного сравнения ламп эталона люмена между собой по окончании измерений на распределительном фотометре они измерялись в светомерном шаре. Полученные в светомерном шаре значения светового потока отличаются от принятых значений, полученных на распределительном фотометре на $\pm 2,0\%$ (средняя квадратичная ошибка для одной лампы). Для всей группы в пять ламп средняя квадратичная ошибка равняется $\pm 0,9\%$.

Погрешность при измерении на распределительном фотометре тремя наблюдателями в среднем равняется $\pm 0,9\%$ (средняя квадратичная ошибка для одной лампы). Средняя квадратичная ошибка при измерении на распределительном фотометре для среднего значения светового потока по пяти лампам равняется $\pm 0,4\%$.

Точность значения люмена, воспроизводимого лампами третьей части эталона люмена СССР, зависит от погрешности воспроизведения международной свечи лампами вторичного эталона и погрешности при измерении ламп на распределительном фотометре. Поэтому точность значения люмена по третьей части эталона люмена СССР, определяемая по всем пяти лампам, с учетом погрешности, вносимой вторичным эталоном силы света ($\pm 0,1\%$), равняется

$$\pm \sqrt{0,9^2 + 0,1^2} \approx \pm 0,9\%.$$

Эта точность не достаточно высока и лежит на пределе того, что требуется для прикладной метрологии. Причиной относительно невысокой точности явилось недостаточное количество опытных наблюдателей (которых, в условиях данной работы с наблюдавшейся большой разницей в окраске полей сравнения фотометра, должно было бы быть 5, а не 3) и затем — недостаточная устойчивость газополных ламп большой мощности.

В заключение работы с новыми эталонными лампами были сличены лампы второй части эталона люмена ПГ с 1 по 5.¹ При этом оказалось, что люмен, воспроизводимый третьей частью, отличается от люмена, воспроизводимого второй частью, на $\pm 1,2\%$. Это совпадение удовлетворительно лишь для целей прикладной метрологии.

По окончании работы лаборатория произвела измерения второй группы из пяти мощных ламп, отобранных из десяти ламп, для установления копии эталона люмена СССР, что дает вторичный эталон для обычных работ.

Измерения производились в светомерном шаре, диаметром 2 м. Результаты измерений приведены в табл. 4.

Таблица 4

Значения силы тока и светового потока вторичного эталона от третьей части первичного эталона люмена СССР

№ лампы	Сила тока, в амперах	Световой поток в люменах
6	6,053 ₉	8960
7	6,067 ₅	8800
8	6,075 ₅	8830
9	6,048 ₅	8780
10	6,007 ₅	8910

Средняя квадратичная ошибка для всей группы ламп вторичного эталона около $\pm 1\%$.

В выполнении работы приняли участие, кроме автора, Н. И. Пестова, П. С. Васильев и З. В. Стерлядкина.

¹ См. о них статью Е. Д. Девятковой: „Установление второй части производного эталона люмена СССР“, издание ВНИИМ, № 133, 1934.

ИССЛЕДОВАНИЯ 1934 и 1935 гг.

П. М. ТИХОДЕЕВ

17 марта 1934 г. вторичный эталон люмена был сличен с первичным. Результаты приводятся в табл. 1 и 2. Впоследствии возникли сомнения в достаточной точности измерений, так как, с одной стороны, оказался неисправным один из нормальных элементов Вестона, а с другой — наблюдалась некоторая взаимная несогласованность световых измерений. Решено было повторить работу в 1935 г., выполнив одновременно сличение эталонных ламп, которые должны образовать вторичный эталон УССР, и тех эталонных ламп, которые были получены из Бюро стандартов США.

Были взяты для измерений шесть ламп с П-1-12 по П-1-17. Они хранились без употребления и без какого-либо нарушения их покоя. Наружный осмотр не показал никаких изменений. Колбы ламп были покрыты небольшим налетом пыли, легко смываемым водой.

Результаты измерений приведены в табл. 3 и 4.

Они свидетельствуют о полной сохранности ламп. Измерения американских ламп помещены в отдельном отчете.

С первичным эталоном сличалась часть вторичного, именно, десять ламп — с ПБ-2-21 по ПБ-2-30. Эти лампы были включены в эталон 17 марта 1934 г. Результаты измерений приведены в табл. 2. Для повторных измерений силы тока результаты надо признать удовлетворительными. Световые же результаты надо признать не достаточно согласованными с измерениями 1934 г. Имеющихся данных не хватает для суждения о большей достоверности измерений 1935 г. или 1934 г. Возможно, что сами лампы недостаточно устойчивы. Не исключена возможность, что не удалось вскрыть какую-либо систематическую ошибку в измерениях (или в обстановке измерений). Ощутимое отклонение в силе тока найдено лишь для одной лампы ПБ-2-23. Это позволяет надеяться, что, по крайней мере, остальные десять ламп сами по себе удовлетворительны.

Лишь дальнейшие исследования (взаимная сверка ламп с ПБ-2-21 по ПБ-2-30 и сличение их с другими лампами вторичного

Таблица 1

Первичный эталон люмена СССР. Измерения 1934 г.

Обозначение лампы	Световой поток, в люменах		Сила тока, в амперах	
	1928 г.	17/III 1934 г.	1928 г.	17/III 1934 г.
П-1-6	419	423	0,5027	0,5028
П-1-7	412	417	0,5016	0,5015
П-1-8	402	405	0,4999	0,4992
П-1-9	412	408	0,4999	0,4996
П-1-10	411	412	0,5002	0,5000
П-1-11	405	404	0,4980	0,4978

эталона) позволят решить вопрос о ценности этих ламп. Для проверки образцовых ламп они пока не смогут применяться.

Таблица 2

Вторичный эталон люмена. Измерения 1935 г.

Обозначение лампы	Световой поток, в люменах		Разница в потоке, в %, по отношению к 1929 г.	Сила тока в амперах	
	1929 г.	1934 г.		1929 г.	1934 г.
ПБ-2-7	518	529	+2,1	0,6066	0,6068
ПБ-2-13	511	515	+0,8	0,6059	0,6063
ПБ-2-17	405	405	0,0	0,4981	0,4981
ПБ-2-18	374	375	+0,3	0,4923	0,4920
ПБ-2-19	385	386	+0,3	0,4950	0,4949
ПБ-2-20	381	385	+1,0	0,4906	0,4950
	В среднем для всех ламп . . .		+0,7	-	-
ПБ-2-21	—	485	—	—	0,5682
ПБ-2-22	—	476	—	—	0,5653
ПБ-2-23	—	458	—	—	0,5464
ПБ-2-24	—	475	—	—	0,5682
ПБ-2-25	—	460	—	—	0,5683
ПБ-2-26	—	472	—	—	0,5705
ПБ-2-27	—	461	—	—	0,5609
ПБ-2-28	—	468	—	—	0,5690
ПБ-2-29	—	485	—	—	0,5679
ПБ-2-30	—	472	—	—	0,5623

Таблица 3

Первичный эталон люмена СССР. Измерения 1935 г.

Обозначение лампы	Световой поток, в люменах ¹		Разница в потоке, в %, по отношению к 1928 г.	Сила тока в амперах		Разница в силе тока в %, по отношению к 1928 г.
	1928 г.	27/V 1935 г.		28/VII 1928 г.	27/V 1935 г.	
П-1-12	410	409	-0,2	0,4999 ₀	0,4999 ₀	-0,01 ₄
П-1-13	412	411	-0,0 ₄	0,4990 ₀	0,4986 ₄	-0,08 ₀
П-1-14	417	417	-0,1 ₄	0,5014 ₄	0,5016 ₀	+0,04 ₀
П-1-15	416	416	-0,0 ₀	0,5030 ₀	0,5028 ₀	-0,04 ₀
П-1-16	411	413	+0,3	0,5011 ₁	0,5002 ₀	+0,03 ₀
П-1-17	417	418	+0,1 ₀	0,5017 ₀	0,5016 ₀	-0,02 ₀
	В среднем для одной лампы . . .		±0,1 ₄	В среднем для всех ламп . . .		-0,01 ₄

¹ Округлено.

Таблица 4

Вторичный эталон люмена. Измерения 1935 г.

Обозначение лампы	Световой поток, в лампах		Разница в потоке, в %, по отношению к 17/III 1934 г.	Сила тока, в амперах		Разница в силе тока, в %, по отношению к 17/III 1934 г.
	17/III 1934 г.	27/IV 1935 г.		17/III 1934 г.	27/IV 1935 г.	
	ПБ — 2—21	485		471	- 3,0	
ПБ — 2—22	476	469	- 1,4	0,5652 ₆	0,5652 ₈	+ 0,004
ПБ — 2—23	458	441	- 3,7	0,5463 ₅	0,5471 ₆	+ 0,15 ₁
ПБ — 2—24	475	469	- 1,2	0,5681 ₇	0,5682 ₉	+ 0,00 ₂
ПБ — 2—25	460	458	- 0,6	0,5602 ₂	0,5600 ₁	- 0,05 ₂
ПБ — 2—26	472	467	- 1,4	0,5705 ₃	0,5704 ₆	- 0,01 ₈
ПБ — 2—27	461	460	- 0,3	0,5608 ₇	0,5608 ₈	+ 0,00 ₁
ПБ — 2—28	468	469	+ 0,1	0,5689 ₁	0,5690 ₃	+ 0,02 ₁
ПБ — 2—29	485	470	- 3,2	0,5678 ₀	0,5677 ₇	- 0,01 ₃
ПБ — 2—30	472	464	- 1,2	0,5622 ₁	0,5620 ₃	- 0,01 ₄
		Среднее	- 1,6		Среднее	- 0,00 ₃

ИССЛЕДОВАНИЯ
1938 г.

П. М. ТИХОДЕЕВ

Выяснилась потребность произвести очередные сличения ряда ламп вторичного эталона люмена с первичным эталоном, так как со времени последних сличений протек уже достаточный срок. Вместе с тем часть ламп вторичного эталона применялась в дело в течение наперед установленного срока — около, примерно, 5 часов общей продолжительности горения после сличения с первичным эталоном.

Как известно, первичный эталон состоит из двух частей. Третья часть вполне подготовлена, но пока еще не считается окончательно установленной. До настоящего времени без нее можно было обходиться. Вместе с тем пока еще не изготавливаются образцовые или рабочие светоизмерительные лампы со световым потоком порядка 10 000 lm, которые и потребовали бы для поверки вторичного эталона, образованного от третьей части. Впрочем, последнее обстоятельство может изме-

ниться в самом близком будущем, так как запросы на подобные поверки уже поступали.

Зажигание первичного эталона было также приурочено к сличению с ним нескольких ламп, предназначенных для сравнения единиц светового потока СССР и США (отчет об этом будет опубликован позже).

Все световые и электрические измерения производились на установках, ранее описанных: Светомерный шар, диаметром в 1 м, имел покраску (из сернистого бария, закрепленного ацетил-целлюлозой), возобновленную еще в 1935 г. Ко времени изстоящей работы она вполне хорошо сохранилась и не запылилась. Последнее достигнуто не только тем, что обе половинки шара соединены пыленепроницаемой прокладкой, но и тем, что нижняя часть внутренней поверхности шара, на которой обычно оседает пыль, в нерабочее время закрывается в два слоя плотной материей („флизелью“).¹

Хотя шар считается и вполне удовлетворительным, тем не менее еще около двух лет тому назад разработаны меры для дальнейшего усовершенствования установки. Именно изготовлен новый светомерный шар, диаметром в 1,5 м. Обе его половинки могут поворачиваться (каждая порознь) вокруг горизонтальной оси. Благодаря этому, если и будет происходить внутреннее запыление шара, то гораздо более равномерное. Кроме того, путем частичного поворота половинок шара возможно более надежно изучить качество и однородность окраски поверхности. В новом шаре предполагается также иначе осуществлять самую схему световых измерений. Именно, намечено измерять яркость стенки сверху шара, где она затеняется обычным щитком, а этот последний помещается в тени от доколя и патрона. К сожалению, ко времени написания данной работы новый шар еще не мог быть закончен окраской: последняя выполняется замедленно для улучшения прочности.

Во всех предыдущих работах с эталонами люмена у светомерного шара применялась укороченная светомерная скамья и на ней — лампа сравнения по типу № 2 конструкции ВНИИМ (см. ОСТ 8273); она применялась при пониженном напряжении 8—9,5 V вместо номинального 10 V, при котором номинальная сила света равна 10 с. В сущности надежность всех измерений ближайшим образом зависит от устойчивости давней лампы сравнения за весь день измерений (около 7 часов непрерывного горения). Повидимому, лампы низкого напряжения, имеющие сравнительно короткую нить накаливания из двух прямолинейных отрезков, как правило, не отличаются вполне высокой устойчивостью. Во всяком случае подобрать такую лампу не так просто. В связи с этим существовали опасения о возможно-

¹ В начале каждого дня измерений шар обдувается внутри сильной струей воздуха.

сти понижения точности измерений в светомерном шаре из-за лампы сравнения. Пока еще не было найдено вполне удачного устройства для применения двух ламп сравнения, как это оказалось очень полезным на установках для измерения силы света (освещенности).

Чтобы как-либо улучшить светоизмерительную установку, было сделано следующее. Светомерная скамья была применена длиною в 2,15 м. А для лампы сравнения была применена — типа № 3 (конструкции ВНИИМ), показавшая себя вполне устойчивой. Она горела при напряжении около 102 V вместо номинального 107 V. Испытательная пластинка в светомерной головке была голубой для выравнивания окраски обеих полей сравнения. У отверстия светомерного шара применялись вращающиеся поглотители. Их коэффициент пропускания равнялся 0,1—0,02, смотря по надобности, чтобы получить достаточную яркость испытательной пластинки (примерно, около 0,0006 *sb*). Есть предположение, что прерывистое освещение поля при малых коэффициентах пропускания в светомерной головке несколько снижает устойчивость показаний наблюдателей. Это предположение еще пока не представилось случая вполне строго доказать. Тем не менее некоторые основания для него, быть может, и имеются.

До сих пор в практике Фотометрической лаборатории измерения в светомерном шаре с вращающимися поглотителями, да еще с одной лампой сравнения, всегда выполнялись с гораздо меньшей точностью, чем на светомерных скамьях без таких поглотителей, с двумя лампами сравнения. В настоящей работе для повышения точности световых измерений последние для каждой эталонной лампы выполнялись наблюдателями дважды. Сначала делалось каждым наблюдателем по 5 наблюдений (или больше, если наблюдения не отличались достаточной устойчивостью), затем повторно 5 (или при надобности больше).¹ Порядок чередования наблюдателей (их было 5) был таким: 1, 4, 2, 3, 5; 1, 4, 2, 3 и 5. В большинстве случаев повторные наблюдения совпадали с первыми, но бывали нередко и случаи расхождений, совпадающие по величине со степенью устойчивости свойств глаза. Благодаря новому приему точность измерений заметно повысилась (что нетрудно было подметить, если сравнить отклонения в световых измерениях отдельного наблюдателя в настоящей работе и в ранее опубликованных, относящихся к эталонам люмена, например, в 1 (стр. 28) и 2 (стр. 34) частях данной статьи).

Приняли участие в световых измерениях, как сказано, 5 наблюдателей; лампы ПВ—2 с 54 по 59 измерялись 4 наблюда-

¹ Прежде 10 наблюдений (или больше) делались подряд. В настоящей работе, как и всегда в лаборатории, положение светового равенства находилось по его границам.

телями), из них трое — достаточно опытные — они участвовали и в измерениях 1935 г., двое — начинающие наблюдатели. Их показания не отличались полной устойчивостью и в некоторых случаях не принимались в расчет. Надо при этом заметить, что оба поля сравнения для большинства измерений мало различались по окраске.

Электрические измерительные приборы перед работой осматривались и проверялись: образцовые катушки сопротивления, элементы Вестона и делители напряжения поверялись в Лаборатории образцовых электрических мер; потенциометры поверялись путем взаимного сличения показаний четырех потенциометров, каждый из которых поверялся в предшествующие годы. Имеющиеся данные позволяют считать, что точность электрических измерений во всяком случае не ниже 0,00%, т. е. погрешность их гораздо меньше устойчивости электрических ламп накаливания, как приемников электрического тока. Все лампы при измерениях ввертывались в патрон, а не припаивались к проводам, как это было раньше — при установлении эталона. Заметной разницы не отмечено; вероятно, она лежит в пределах точности электрических измерений.

Исследования первой части эталона люмена. Предшествующие измерения 1934 и 1935 гг. оставляли некоторую неуверенность в достаточной точности световых и электрических измерений. Это в некоторой мере было связано с образованием новой совокупности ламп вторичного эталона — ПБ—2 с 21 по 30, которые по неизбежности были взяты из числа недавно изготовленных Московским электроламповым заводом, так как более выдержанных ламп в распоряжении лаборатории не было. Предварительные испытания, казалось, подтверждали удовлетворительное качество ламп. Тем не менее, после измерений 1935 г. не было достаточно ясно: производились ли светозыме и электрические измерения без особенно высокой точности, или лампы сами по себе, хотя и замедленно, но все же с течением времени, возможно, несколько меняются. После 1935 г. лампы ПБ—2 с 21 по 30 для метрологических работ не применялись в ожидании новой сверки с первичным эталоном. Они употреблялись немного раз лишь для нетребовавшей особой точности работы и прогорели за три года всего около одного часа. Следовательно, если бы лампы и изменились за время хранения, то само по себе отдельно взятое горение ламп не могло бы оказать влияние, ощутимо заметное. Однако в 1937 г. лампы сличались лабораторией с 7 лампами вторичного эталона люмена, хранящимися Харьковским государственным институтом мер и весов, причем сличались также и лампы вторичного эталона с ПБ—2—17 по ПБ—2—20. В этих взаимных сличениях выпадала лампа ПБ—2—23 очень значительно (примерно, на 18% по силе света и на 1% по силе тока). Все прочие лампы показали совершенно удовлетворительные совпадения по силе тока и по

Первичный эталон люмена СССР.

Обозначение лампы	Средний поток в люменах ¹			Разница в потоке 1938 г., в % к		Сила тока,	
	1928 г.	1935 г.	1938 г.	1928 г.	1935 г.	1928 г. 28/VII	1935 г.
П-1-12	410	409	412	+0,4 ₃	+0,6 ₂	0,5002 ₄	0,4999 ₀
П-1-13	412	411	411	-0,0 ₁	-0,0 ₅	0,4987 ₄	0,4989 ₁
П-1-14	417	417	417	-0,1 ₅	-0,0 ₁	0,5014 ₁ ²	0,5017 ₀
П-1-15	416	416	417	+0,1 ₅	+0,2 ₂	0,5031 ₀	0,5028 ₀
П-1-16	411	413	412	+0,2 ₁	-0,8 ₅	0,5002 ₇	0,5002 ₀
П-1-17	417	418	416	-0,3 ₀	-0,4 ₉	0,5022 ₀	0,5016 ₉
В среднем для одной лампы				±0,2 ₂	±0,2 ₀	-	-
В среднем для всех ламп				-	-	-	-
	1930 г.			1930 г.		1930 г.	
П-1-26	1557	-	1570	+0,8 ₅	-	1,2325	-
П-1-27	1694	-	1681	-0,7 ₁	-	1,2491	-
П-1-28	1650	-	1647	-0,2 ₀	-	1,2484	-
П-1-29	1589	-	1580	-0,5 ₅	-	1,2398	-
П-1-30	1559	-	1571	+0,7 ₄	-	1,2372	-
В среднем для одной лампы				±0,6 ₃	-	-	-
В среднем для всех ламп				-	-	-	-
П-1-31	1687	-	1678	-0,5 ₀	-	1,5657	-
П-1-32	1737	-	1731	-0,3 ₅	-	1,5473	-
П-1-33	1767	-	1781	+0,7 ₀	-	1,5628	-
П-1-34	1748	-	1754	+0,3 ₄	-	1,5550	-
П-1-35	1699	-	1697	-0,1 ₀	-	1,5626	-
В среднем для одной лампы				±0,4 ₃	-	-	-
В среднем для всех ламп				-	-	-	-

¹ Округлено.² По измерениям 28 июля 1928 г.

Измерения 11-14 июня 1938 г.

в амперах	Разница в силе тока 1938 г., в % к		Отклонение отдельных наблюдателей в измерениях советского потока (в 1938 г.), в %				
	1938 г. 11/VI	1928 г.	1935 г.	1-й	2-й	3-й	4-й
0,5001 ₂	-0,01	+0,04	+0,5	+0,0	+0,6	-1,1	+0,0
0,4989 ₁	+0,04	+0,05	+0,0	-0,2	-0,0	-0,2	+0,4
0,5017 ₀	+0,08	+0,03	-0,3	+0,3	+0,3	-0,1	-0,2
0,5030 ₀	-0,01	+0,03	-0,1	+0,3	-0,1	-0,1	+0,0
0,5006 ₀	+0,08	+0,08	-0,2	-0,0	+0,3	+0,3	-0,4
0,5019 ₀	-0,05	+0,06	-0,2	-0,6	-0,0	+0,9	-0,0
-	±0,05	+0,05	±0,2	±0,2	±0,2	±0,5	±0,2
-	-0,02	+0,05	-0,05	-0,05	+0,18	-0,04	-0,05
1938 г. 14/VI	1930 г.						
1,2322	-0,02	-	+0,1	-0,0	+0,4	-0,6	+0,1
1,2482	-0,07	-	-0,1	-0,1	-0,0	+0,6	-0,3
1,2483	-0,01	-	+0,1	-0,1	-0,2	+0,0	+0,2
1,2396	-0,02	-	-0,0	+0,2	-0,1	-0,4	+0,3
1,2368	-0,03	-	-0,1	+0,1	-0,0	+0,3	-0,3
-	-0,03	-	±0,1	±0,1	±0,2	±0,4	±0,3
-	-0,03	-	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0	+0,0
1938 г. 13/VI							
1,5662	-0,03	-	+0,2	+0,0	+0,1	+0,2	-0,5
1,5483	-0,04	-	-0,3	+0,4	+0,2	+0,0	-0,3
1,5631	-0,02	-	+0,0	-0,2	+0,2	-0,2	+0,1
1,5543	-0,04	-	-0,3	+0,0	-0,3	+0,4	+0,1
1,5631	-0,03	-	+0,4	-0,3	-0,3	-0,1	+0,3
-	-0,03	-	±0,2	±0,2	±0,2	±0,2	±0,3
-	-0,02	-	-0,0	-0,0	-0,0	+0,0	-0,0

Таблица 2
Вторичный эталон люмена. Измерения 11 июля 1938 г.

Обозначение ламп	Световой поток, в люменах						Разница в световом по- токе 1938 г., в % к						Сила тока в лампе, в амперах			Разница в силе тока 1938 г. в %, к		Продолжитель- ность горения в 1935—1938 гг., часы
	1934 г.		1935 г.		1938 г.		1934 г.		1935 г.		1938 г.		1934 г.	1935 г.	1938 г.			
	По 4 на- дате	По 5 на- дате	По 4 на- дате	По 5 на- дате	По 4 на- дате	По 5 на- дате	По 4 на- дате	По 5 на- дате	По 4 на- дате	По 5 на- дате	По 4 на- дате	По 5 на- дате	По 4 на- дате	По 5 на- дате	По 4 на- дате	По 5 на- дате		
	лям	лям	лям	лям	лям	лям	лям	лям	лям	лям	лям	лям	лям	лям	лям	лям		
ПБ-2-21	485	471	476	478	-1,9	-1,4	+1,1	+1,6	0,5682	0,5678	0,5684	+0,03	+0,10	0,9				
ПБ-2-22	476	469	470	469	-1,2	-1,4	+0,2	-0,0	0,5652 ₂	0,5652 ₂	0,5650 ₂	+0,07	+0,06	1,1				
ПБ-2-23	458	441	(346)	(346)	-	(-25)	-	(-22)	(0,5463 ₂)	(0,5471 ₂)	(0,5535 ₂)	(+1,31)	(+1,16)	0,8				
ПБ-2-24	475	469	467	469	-1,5	-1,2	-0,3	-0,1	0,5681 ₂	0,5682 ₂	0,5682 ₂	+0,02	+0,01	1,2				
ПБ-2-25	480	458	459	460	-0,4	-0,1	+0,2	+0,5	0,5602 ₂	0,5598 ₂	0,5598 ₂	-0,07	-0,02	1,0				
ПБ-2-26	472	467	473	474	+0,3	+0,5	+1,3	+1,5	0,5705 ₂	0,5704 ₂	0,5708 ₂	+0,02	+0,04	1,0				
ПБ-2-27	461	460	461	465	+0,1	+0,1	+0,1	+1,4	0,5608 ₂	0,5607 ₂	0,5607 ₂	-0,03	-0,02	1,1				
ПБ-2-29	485	470	474	477	-2,4	-1,5	+0,8	+1,6	0,5678 ₂	0,5677 ₂	0,5682 ₂	+0,07	+0,09	1,2				
ПБ-2-30	472	464	466	468	-1,2	-0,8	+0,4	+0,8	0,5622 ₂	0,5620 ₂	0,5624 ₂	+0,03	+0,07	0,7				
В среднем для одной лампы																		
В среднем для всех ламп																		
±1,1 ±0,9 ±0,6 ±0,9																		
-1,0 -0,8 ±0,5 ±0,8																		
СП-2-20	-	-	453 ₁	456	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
СП-2-21	-	-	443 ₁	444	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0,5501 ₁ 0,5479 ₂																		

1 По 3 наблюдателя.

взаимному соотношению световых потоков. Впрочем, лампы с ПБ—2—17 по ПБ—2—20 отклонились от прочих в световом потоке, примерно, на 0,7%, притом в сторону уменьшения светового потока; т. е. они показали приближенные к их измерениям в 1929 г., а не в 1934 г. Эти лампы после сличений 1934 г. прогорели всего лишь около двух часов (и меньше) и потому в сличения 1938 г. не вводились. Попутно приходится отметить, что указанные взаимные сличения вторичных эталонов косвенно подтверждают некоторое снижение точности световых измерений в 1934 г., о чем говорилось на стр. 38 настоящей статьи.

Из первой части эталона люмена были применены шесть ламп П—1 с 12 по 17. Эти лампы хранились с 1935 г. в полном покое и даже без досмотра. Они запылились очень незначительно.

Итоги измерений, выполненных 11 июня 1938 г., приведены в табл. 1 и 2.

Как видно, измерения 1938 г. ближе к данным 1928 г., чем к данным 1935 г. Вместе с тем световые и электрические измерения для всех трех лет вполне близки друг к другу и отклонения лежат в обычных пределах. Лишь ток у лампы П—1—14 отклонился в 1938 г. в той же степени, как и в 1935 г., от данных 1928 г., если привять во внимание измерения тока 23 июля 1928 г. (0,5027, А); если же считаться с измерениями той же лампы 28 июля 1928 г. (0,5014, А), то отклонение в токе по измерениям 1938 г. близко к допустимому пределу, что подтверждает достаточно удовлетворительную сохранность лампы, но все же свидетельствует о некоторой неустойчивости лампы. В то же время световые измерения данной лампы не обнаруживают существенных отклонений по сравнению с другими.

В общем можно считать, что исследовавшиеся лампы первичного эталона сохранились вполне удовлетворительно.

Что касается поведения ламп вторичного эталона, то здесь надо указать прежде всего на сильное выпадение по световому потоку и силе тока лампы ПБ—2—23. Наружный осмотр ничего не показывает. Возможным считается предположение, что в лампу попало небольшое количество воздуха извне (или выделились газы внутри колбы): на это наводит увеличение потребляемого тока при заметном уменьшении светового потока. Надо заметить, что выпадение данной лампы было observed еще раньше (в 1935 г.). Так как она не подвергалась каким-либо вредным воздействиям, то можно предполагать, что неблагоприятным оказалось качество или изготовления лампы или ее материала. Данная лампа выводится из эталона. Неясными остаются и свойства ламп ПБ—2—21 и ПБ—2—29, а, может быть, и ПБ—2—22 (эти лампы выпадали или в 1934 г. или в 1935 г.). Две первые лампы имеют заметные расхождения в измерениях 1934, 1935 и 1938 гг. Третья лампа дает удовлетворительное совпадение в измерениях 1935 и 1938 гг. Прочие лампы показывают удов-

летворительное совпадение в измерениях 1934, 1935 и 1938 гг. При этом надо иметь в виду, что в 1934 г. лампы сличались с первой половиной первичного эталона (П-1 с 6 по 11), а не со второй, как в последующие годы. Отмеченное обстоятельство может немного снизить совпадение световых измерений.

Теперь становится несколько более понятным расхождение в измерениях ламп ПБ-2-с 21 по 30 в 1934 г. и в 1935 г.: возможно, была не столь высока и точность измерений, но большее значение имело несомненное (в настоящее время) изменение свойств самих ламп.

Приходится отметить, что эталонные лампы далеко не во всех случаях оказываются неизменными по своим свойствам. Многолетний опыт Фотометрической лаборатории показывает, что бывают лампы, вполне удовлетворительно ведущие себя в течение нескольких лет, а затем без всяких видимых причин приходящие в негодность. Чаще всего в них попадает воздух (см. также об этом ниже). Бывали случаи, когда после нескольких лет хранения пустотные лампы взрывались. Стоит отметить, что у лампы ПБ-2-23 относительное уменьшение светового потока (ΔF) в 19 раз больше, чем относительное приращение силы потребляемого тока (ΔI): $\Delta F : \Delta I \approx 19$. Если это соотношение имеет какое-либо действительное значение и если оно сохраняется таким же и при гораздо меньших изменениях ламп, то следовательно, увеличение потребления тока, примерно, на 0,05% было бы связано с уменьшением светового потока почти на 1%. К сожалению, воспользоваться таким соображением затруднительно не только потому, что оно еще надлежащим образом не проверено, но и потому, что устойчивость самих пустотных ламп, как приемников электрического тока, даже если они вполне удовлетворительны, — почти того же порядка (сотые доли процента).

Изложенное показывает, что число ламп, образующих тот или иной световой эталон, действительно надо устанавливать возможно большим, чтобы выбывание из строя и большого числа их не могло причинить какого-либо ущерба делу хранения и размножения световых единиц.

Вторичный эталон предварительно и условно пополнен¹ двумя новыми лампами с обозначениями СП-2-20 и СП-2-21. Эти лампы — недавнего происхождения (других не имелось). Они будут служить вспомогательным целям впредь до последующего сличения с первичным или в зависимости от последующих обстоятельств. Лампы ПБ-2-21, ПБ-2-22, ПБ-2-24, ПБ-2-25, ПБ-2-27 и ПБ-2-30, как удовлетворительно сохранившиеся в течение четырех лет, могут применяться в дальнейшем для поверки образцовых ламп.

¹ Кроме указанных выше ламп вторичного эталона, выбывавших временно или окончательно (ПБ-2-23), из него выбыла лампа ПБ-2-28, случайно разбитая.

Лампы вторичного эталона ПБ-2-7, ПБ-2-13 после сличений 1934 г. не зажигались, ПБ-2-17, ПБ-2-18, ПБ-2-19, и ПБ-2-20 после сличения в 1934 г. прогорели около 1,5-2 часов. Как уже говорилось, в 1938 г. они вновь не сличались, так как их решено оставить в запасе. Они хотя и испытаны довольно долго и являются вполне удовлетворительными, но все же не так удобны.

Исследования второй части эталона люмена. Вторичный эталон для второй части первичного эталона люмена сравнительно редко применялся в дело. Со времени установления в 1930 г. лишь в 1938 г. общая продолжительность их горения составила около 5 часов, что по ранее условно установленному правилу и потребовало повторного сличения.

Измерения были произведены 13 и 14 июня и 2 июля 1938 г. Итоги их приведены в табл. 1, 3, 4 и 5.

Таблица 3

Первичный эталон люмена СССР. Измерения 2 июля 1938 г.

Обозначение лампы	Счет вой поток, в люменгах		Разница в потоке 1938 г. в % к 1930 г.	Сила тока в амперах		Разница в силе тока в % к 1930 г.
	1930 г.	1938 г.		1930 г.	1938 г.	
П-1-31	1689	1630	+ 0,1	1,5657	1,5655	- 0,01
П-1-32	1737	1736	- 0,1	1,5476	1,5475	- 0,01
П-1-34	1748	1757	+ 0,5	1,5550	1,5552	+ 0,01
П-1-35	1699	1694	- 0,3	1,5626	1,5631	+ 0,03
П-1-36	1737	1722	- 0,9	1,5567	1,5567	± 0,00
П-1-37	1758	1769	+ 0,6	1,5577	1,5584	+ 0,04
В среднем для одной лампы			± 0,4	-	-	± 0,02
В среднем для всех ламп			-	-	-	+ 0,01

Не все лампы второй части эталона потребовалось применить для измерений. Достаточно было бы ограничиться одним пятком из группы с П-1-21 по П-1-30 и другим — из группы с П-1-31 по П-1-40. Как говорилось ранее, зажигание эталона требовалось также и для сличения с ним группы ламп, предназначенных для сравнения единиц светового потока СССР и США при помощи газополных ламп. Последних было взято восемь, почему желательно было бы сличать их с большим числом, чем пять ламп из первичного эталона. Газополные лампы, направляемые в США, было признано предпочтительным сличить с первичным для большей надежности два раза. В связи с этим 13 июня зажигались лампы П-1 с 31 по 35, а 2 июля — П-1 с 31 по 37, однако без П-1-33 (так как у

Таблица 4
Вторичный сток лампа. Измерение 13—14 июля 1938 г.

Обозначение лампы	Средний поток в люменах				Разница в среднем потоке 1938 г. по отношению к 1930 г. в %				Сила тока в амперах		Разница в силе тока 1938 г. в % к 1930 г.	Продуктивность лампы в часах за 1930—1938 гг.	Отклонения отдельных наблюдателей в измерениях среднего потока (1938 г.), в %				
	1938 г.		1930 г.		1938 г.		1930 г.		1938 г.	1930 г.			1-й	2-й	3-й	4-й	5-й
	По + на- ламп	По 5 на- ламп	По + на- ламп	По 5 на- ламп	По + на- ламп	По 5 на- ламп	По + на- ламп	По 5 на- ламп	По + на- ламп	По 5 на- ламп			—	—	—	—	—
ПВ — 2—27	1671	1574	1578	1578	— 2,9	— 2,6	— 2,6	1,2434	1,2420	— 0,11	5,9	+ 0,2	— 0,4	+ 1,1	— 0,0	— 0,9	
ПВ — 2—28	1593	1565	1565	1565	— 1,7	— 1,5	— 1,5	1,2374	1,2389	— 0,04	8,2	— 0,1	— 0,6	+ 0,4	+ 0,5	— 0,3	
ПВ — 2—29	1584	1544	1542	1542	— 2,5	— 2,6	— 2,6	1,2375	1,2346	— 0,23	5,7	+ 0,2	+ 0,0	+ 0,2	+ 0,1	— 0,6	
ПВ — 2—30	1578	1572	1572	1572	— 0,1	— 0,3	— 0,3	1,2371	1,2368	— 0,02	5,9	+ 0,6	— 0,3	+ 0,2	+ 0,1	— 0,6	
ПВ — 2—31	1761	1731	1735	1735	— 1,7	— 1,4	— 1,4	1,5533	1,5531	— 0,01	2,8	+ 0,1	— 0,5	+ 1,0	+ 0,1	— 0,5	
В среднем для одной лампы																	
В среднем для всех ламп																	
	по 3 на- ламп	по 5 на- ламп	по 3 на- ламп	по 5 на- ламп	— 1,8	— 1,7	— 1,7	—	—	— 0,08	—	+ 0,2	+ 0,3	+ 0,6	+ 0,2	— 0,6	
	по 3 на- ламп	по 5 на- ламп	по 3 на- ламп	по 5 на- ламп	— 1,8	— 1,7	— 1,7	—	—	—	—	+ 0,2	+ 0,3	+ 0,6	+ 0,1	— 0,6	
ПГ — 2—35	3476	3431	3438	3438	— 1,3	— 1,1	— 1,1	2,4019	2,4052	+ 0,01	4,8	+ 0,1	+ 0,1	— 0,2	—	—	
ПГ — 2—37	3478	3436	3479	3479	+ 0,2	+ 0,0	+ 0,0	2,4273	2,4367	+ 0,39	4,7	+ 0,1	+ 0,3	— 0,4	—	—	
ПГ — 2—38	3411	3425	3425	3425	— 1,3	— 1,3	— 1,3	2,4215	2,4259	+ 0,18	4,8	+ 1,9	+ 0,2	+ 0,7	—	—	
ПГ — 2—39	3557	3535	3534	3534	— 0,6	— 0,6	— 0,6	2,4872	2,4852	— 0,32	4,6	+ 0,2	+ 0,3	— 0,6	—	—	
ПГ — 2—40	3704	3709	3715	3715	+ 0,1	+ 0,3	+ 0,3	2,4912	2,4983	+ 0,28	3,8	+ 0,3	+ 0,1	— 0,4	—	—	
В среднем для одной лампы																	
В среднем для всех ламп																	
	по 3 на- ламп	по 5 на- ламп	по 3 на- ламп	по 5 на- ламп	+ 0,7	+ 0,7	+ 0,7	—	—	+ 0,24	—	+ 0,3	+ 0,2	— 0,4	—	—	
	по 3 на- ламп	по 5 на- ламп	по 3 на- ламп	по 5 на- ламп	— 0,6	— 0,5	— 0,5	—	—	+ 0,24	—	+ 0,3	+ 0,1	— 0,4	—	—	

Таблица 5

Новые лампы вторичного элемента лампы. Измерения 2 июля 1938 г.

Обозначение ламп	Средней ток, в люменах			Разница в люмене измеренная 2/VII по отношению к 14/VI, в %					Сила тока в амперах		Разница в силе тока 2/VII к 14/VI в %	
	14/VI 1938 г.		2/VII 1938 г.	3 набл.		4 набл.		5 набл.		14/VI 1938 г.		2/VII 1938 г.
	по 3 набл. по 5 набл. по 3 набл. по 4 набл.	по 3 набл. по 5 набл.	по 3 набл. по 4 набл.	к 3 набл.	к 4 набл.	к 5 набл.	к 5 набл.	к 5 набл.	к 5 набл.	к 5 набл.		к 5 набл.
ПВ-2-54	1547	1549	1570	1576	+1,5	+1,4	+1,7	+1,5	+1,4	1,1956	1,1958	+0,10
ПВ-2-55	1546	1547	1569	1578	+1,5	+1,5	+2,0	+1,5	+1,5	1,1990	1,1996	+0,05
ПВ-2-56	1408	1408	1434	1442	+1,8	+1,8	+2,4	+1,8	+1,8	1,1654	1,1650	+0,05
ПВ-2-57	1343	1345	1364	1366	+1,5	+1,5	+1,6	+1,5	+1,5	1,1617	1,1615	-0,02
ПВ-2-58	1334	1330	1357	1359	+1,7	+2,0	+2,2	+1,7	+2,0	1,1411	1,1415	+0,04
ПВ-2-59	—	—	1558	1561	—	—	—	—	—	—	1,2045	—
В среднем для одной лампы												
В среднем для всех ламп												
ПВ-2-60	—	—	3377	3393	+1,6	+1,6	+2,0	+1,6	+1,6	—	—	+0,05
ПВ-2-61	—	—	3317	3340	+1,6	+1,6	+2,0	+1,6	+1,6	—	—	+0,04
ПВ-2-62	—	—	3333	3355	—	—	—	—	—	—	2,2340	—
ПВ-2-63	—	—	3332	3353	—	—	—	—	—	—	2,2278	—
ПВ-2-64	—	—	3384	—	—	—	—	—	—	—	2,2541	—
ПВ-2-65	—	—	3408	—	—	—	—	—	—	—	2,2303	—
											2,2295	—
											2,2243	—

нее отклеился цоколь от колбы и она нуждалась в осторожном исправлении).

Лампы первичного эталона показали, в общем, малые отклонения в силе тока от измерений 1930 г. Повторные измерения (2 июля) силы тока у части ламп хорошо совпали с первыми (13 июня). Отклонения светового потока у отдельных ламп также полностью лежат в допустимых пределах. Таким образом, лампы вполне удовлетворительно сохранились.

Лампы первой группы первичного эталона хранились в полном покое и без досмотра с 1932 г., а лампы второй группы — с 1930 г. Каждая лампа хранится в отдельной картонной коробке, внутри которой имеется цилиндр из волнистого картона, предохраняющий лампу от бокового болтания. Между цилиндром и боками коробки — плотный слой ваты, толщиной не менее 3 см. Снизу лампы лежит подушка из белой марли, внутри которой положен слой ваты, толщиной около 3 см. Такая же подушка кладется на цоколь лампы сверху коробки. Лампа расположена цоколем вверх. На той части колбы, которая опирается на нижнюю подушку, имелся налет, легко смываемый водой.¹

Не все имеющиеся лампы вторичного эталона, установленные в 1930 г., подвергались сличениям. За прошедшие годы применялись лишь лампы ПВ-2 с 27 по 33 и ПГ-2 с 36 по 40. Они и измерялись в текущем году. Две лампы ПВ-2-32 и ПВ-2-33 при зажигании стали быстро покрываться темным налетом изнутри. Вероятно, в колбу попало некоторое количество воздуха. Перед зажиганием наружный осмотр не показал каких-либо неисправностей. При последних предыдущих зажиганиях лампа ПВ-2-32 выпадала по своему потоку в 1936 г. и ее показания в расчет не принимались. Лампа ПВ-2-33 не обнаруживала неисправностей до последнего зажигания по потоку, но электрический ток при каждом зажигании постепенно уменьшался до $-0,3\%$. Обе лампы выведены из вторичного эталона.

Лампы ПВ-2 с 27 по 31 имеют отклонения в силах тока от измерений в 1930 г. в среднем на пределе допустимого. Особенно заметны отклонения у ламп ПВ-2-29 и ПВ-2-27, которые в то же время показали значительные отклонения и в световом потоке. В среднем для всех этих ламп отклонения в световом потоке от данных 1930 г. также не укладываются в допустимые пределы. Объяснений этому пока нет. Впрочем, стоит отметить, что в 1930 г. лампы вторичного эталона сличались так: ПВ-2-27 — с пятком П-1-21 по П-1-25; ПВ-2-28, ПВ-2-29 и ПВ-2-30 — с пятком П-1-26 по П-1-30 и ПВ-2-31 — с пятком П-1-36 по П-1-40. Как известно, лампы

¹ О предложениях по улучшению способа хранения см. в настоящем сборнике: «Сохранность основного светового эталона СССР за годы 1928—1938. (Исследования 1938 г.).

первой и второй группы второй части первичного эталона имеют разное распределение света и сличение их в шаре дает заметную погрешность (см. ниже). Лампы не будут применяться для поверочных работ. Дальнейшая судьба их будет определена впоследствии, смотря по обстоятельствам. Еще ранее предполагалось заменить эти лампы новыми лампами конструкции ВНИИМ. Такие лампы теперь уже имеются в достаточном числе. Но, правда, они еще длительно не испытывались. Тем не менее по соображениям практической надобности, вторичный эталон предварительно пополнен такими лампами: шестью лампами типа № 11 (ОСТ 8273) ПВ-2 с 54 по 59 — и шестью лампами типа № 12 ПВ-2 с 60 по 65.

Лампы ПВ-2 с 54 по 58 измерялись дважды. Первый раз они сличались (14 июня 1938 г.) с лампами первичного эталона П-1 с 26 по 30. Этому сличению нельзя придавать полного значения, так как у названных ламп вторичного эталона нить накаливания расположена по поверхности низкого цилиндра, а у перечисленных ламп первичного — нить свернута в кольцо. Оба вида ламп имеют довольно разное распределение силы света, а применяемый способ измерений в светомерном шаре в таком случае может привести ощутимую ошибку в измерениях. Именно, лампы с кольцевой нитью могут оцениваться как имеющие несколько меньший световой поток. Действительно, сличения (2 июля 1938 г.) тех же ламп вторичного эталона с лампами первичного П-1 с 31 по 37 (без 33) — а эти оба вида ламп имеют довольно близкое друг к другу распределение силы света — дали для первых ламп несколько большее значение (на 1,6%). Расхождение может быть также частично объяснено и тем, что три вида сличавшихся ламп имеют заметное различие в цветовой температуре. За действительные значения светового потока приняты, конечно, данные этих последних измерений. При повторных измерениях силы тока новых ламп вторичного эталона в среднем вполне удовлетворительно совпали с первоначальными измерениями.

Пять ламп ПВ-2 с 36 по 40 показали вполне допустимые отклонения в световом потоке от данных 1930 г. Однако при этом у четырех ламп обнаружили отклонения в силах тока от данных 1930 г., несколько превышающие допустимые. Это обстоятельство, конечно, приходится рассматривать как неблагоприятное. Для ответственных метрологических работ данные лампы применять не следует. Последующие обстоятельства и некоторые дополнительные измерения покажут, какова должна быть последующая судьба этих ламп.

В выполнении работы, кроме автора, принимали участие: В. Е. Карташевская, К. И. Несмачный, М. П. Король и К. Ю. Лукинская. Особенно деятельное участие приняла В. Е. Карташевская.

О СПОСОБЕ ПЕРЕХОДА ОТ ЕДИНИЦЫ ОСВЕЩЕННОСТИ (ИЛИ СИЛЫ СВЕТА) К ЕДИНИЦЕ СВЕТОВОГО ПОТОКА

П. М. ТИХОДЕЕВ

Переход от единицы освещенности (или силы света) к единице светового потока или, другими словами, установление первичного эталона люмена по основному световому эталону (воспроизводящему единицу силы света или, точнее, единицу освещенности) связан с рядом измерительных трудностей и сопровождается, конечно, погрешностями. Вопросу о способе такого перехода в настоящее время уделяет особенное внимание Консультативный комитет по фотометрии при Международном комитете мер и весов, вероятно, в связи с тем, что у ряда метрологических институтов разных стран соотношение между единицами силы света несколько иное, чем между единицами светового потока (при испускании потока лампой по всем направлениям). Переход от одной единицы к другой обыкновенно сопровождается и переходом от цвета исходного эталонного источника света к иному цвету вновь определяемого эталона. Погрешности обоих переходов предполагается разделить в международных сравнениях 1938 г., которые устраниваются Консультативным комитетом в Национальной физической лаборатории в Лондоне.

Фотометрическая лаборатория, как это ранее было описано, для рассматриваемого перехода применяла в 1928, 1930 и 1933 гг. измерения на распределительном фотометре, причем лампа во время измерений вращалась вокруг своей оси, что позволяло определять среднюю освещенность (или силу света) по некоторому поясу путем непосредственных измерений. Такой способ — давнего происхождения. Лаборатория его усовершенствовала не только путем улучшения измерительных приборов, но и по существу. Именно, было опытным путем доказано, что световой поток при вращении увеличивается, и были даны приемы для внесения точной поправки на такое увеличение, благодаря чему точность способа значительно возросла и стала вполне достаточной. При этом нужно иметь в виду, что эталоны светового потока требуются лишь для такой практической надобности (измерения в светомерном шаре), где особенно высокая точность не является необходимой и где ее обеспечить к тому же очень трудно (в частности, благодаря сравнительно малой устойчивости газополных ламп).

В настоящее время Фотометрическая лаборатория обеспечила себя хорошего качества распределительным фотометром, на котором измерения при вращении лампы могут производиться в достаточно благоприятных условиях (существенное значение имеют электрическая изоляция и хорошие электриче-

ские контакты при вращении). Кроме того, вновь изготавливаемый светомерный шар имеет удобное устройство для вращения лампы при измерениях. Вместе с тем эталонные лампы конструкции ВНИИМ с жестким закреплением нити вполне безопасно могут переносить тряску и, в частности, вращение. Поэтому теперь созданы улучшенные условия для повторения работы по установлению первичного эталона люмена. Пожалуй, это более существенно для первой его части, так как работа над ним в свое время выполнялась на менее совершенной (чем для второй части) измерительной установке. В частности, ось вращения лампы для измерений поворачивалась, а не была неизменной и при том отвесной, что более благоприятно для точности измерений. Вместе с тем усовершенствование качества разных фотоэлементов дает возможность использовать и их при измерениях. Вообще, представляется желательным осуществить переход не одним, а двумя или более способами, если, конечно, точности их не сильно разнятся. К тому же в лаборатории накопился значительный опыт. Подобные работы решено возобновить в предстоящие годы, имея в виду повысить точность первичного эталона люмена.

Некоторое время тому назад заведывающий Фотометрическим сектором Государственного оптического института М. М. Гуревич опубликовал в журнале „Светотехника“¹ критический отзыв о работе Е. Д. Девятковой „Установление второй части эталона люмена СССР“.² Принятый в лаборатории способ измерений лампы первичного эталона на распределительном фотометре во время вращения рецензент считает как „обходное движение, предпринятое лабораторией с целью упрощения измерения“.

... При таком методе мы уже имеем не обычное статическое фотометрирование, а какую-то степень перехода к фотометрированию мигающему. Надо полагать, что от такого перехода ошибка измерения не уменьшится, а увеличится“. „Очевидно... следует ввести поправку на величину изменения, которое определяется отдельным опытом. Этот опыт, состоящий из двух измерений светового потока лампы в шаре, обладает погрешностью, определяемой, примерно, в 1%. Ошибка, полученная здесь, целиком добавляется к ошибке от измерения кривой светораспределения вращающейся лампы. Нам кажется, что эта ошибка принципиально легко устранима, если только не бояться более кропотливой работы измерения нескольких продольных кривых неподвижной лампы. Таким образом в целях упрощения измерений лаборатория допускает: 1) фотометрирование в условиях, приближающихся к условиям работы мигающего фотометра, и 2) добавочную случайную ошибку в опре-

¹ 1936 г., № 5, стр. 78—79.

² Опубликована в 1934 г. в сборнике, изданном ВНИИМ за № 133.

делении светового потока отдельной лампы (около 1%). То обстоятельство, что при сравнении нашего эталона светового потока с эталонами других стран... не было обнаружено заметной разницы, отнюдь не является оправданием для принятого метода. Среднее, полученное от сравнения с большим числом ламп, может и не показать случайной ошибки измерения каждой лампы..."

Несомненно, работы ВНИИМ, может быть даже в большей степени, чем многие работы других научных учреждений, нуждаются в научной и обоснованной критике, так как допущенные ошибки в эталонных работах легко могут проникнуть и сказаться на тех работах по всей стране, в которых применяются световые или другие единицы измерений.

Однако, с приведенными высказываниями М. М. Гуревича согласиться никак нельзя.

1. Принятый способ вовсе не был выбран „с целью упрощения“. Напротив, измерительная установка получалась несколько сложнее и от исполнителей работы потребовалась большая опытность и находчивость, чем если бы распределение света определялось при неподвижной лампе (надо было придумать ряд вспомогательных приспособлений по подводу электрического тока к лампе; устанавливать лампу в нужном положении гораздо труднее, требовалась искусная припайка лампы к токоподводящим проводам и проч.) При неподвижной лампе вся установка проще.

2. Вместе с тем при неподвижной лампе число направлений, в которых надо измерять освещенность, во много раз возрастает, если желают обеспечить высокую точность. Распределение силы света у ламп, в особенности у газополных, и притом особенно в поперечных плоскостях, меняется резкими скачками (эти „блики“, темные и светлые пятна нетрудно наблюдать простым глазом), причем колебания силы света (или освещенности) под одним и тем же углом к оси беспорядочны и достигают нередко $\pm 17\%$ и более. При вращении лампы средняя сила света (или освещенность) по поясу определяется с предельной для световых измерений точностью за один прием (совокупность) наблюдений. А при неподвижной лампе таких „точек“ наблюдений надо иметь, примерно, от 3—4 (при направлении 5° с осью) до 15—20 (при направлениях $60—90^\circ$ с осью). Так что в способе ВНИИМ число направлений, в которых измерялась освещенность (или сила света), можно было взять 71—72 (и еще при повторении двух первых), а при неподвижной лампе это число возрастает во много раз. Не ставя в данной заметке задачей обосновать нужное число наблюдений (что, в общем, возможно, но требует особого изучения, если говорить о метрологических требованиях), можно все же сказать, что число направлений едва ли придется выбрать меньшим, чем 400—500 (а то и больше) по крайней мере

для тех ламп, из которых в 1930 г. представилось возможным образовать эталон. Например, у одной из примененных ламп измерения (в покое) лишь в 8 направлениях (в поперечной плоскости) позволяли определять среднюю поперечную силу света с погрешностью в $\pm 4\%$.

При очень напряженной работе 2 наблюдателей измерения каждой лампы на распределительном фотометре занимали около двух часов (а в начале работы — гораздо больше). При неподвижной лампе время возрастает, возможно, до 2 рабочих дней (а то и более).

Столь длительное измерение одной лампы повлечет к перерывам (может быть, нескольким) в работе одного наблюдателя. Между тем из метрологической практики хорошо известно, что прерывание связанного ряда наблюдений достаточно часто сопровождается накоплением ошибок. Например, ошибки измерений от неустойчивости свойств глаз наблюдателя можно исключить лишь законченной совокупностью наблюдений за один день, причем оказывается, что обеденный перерыв неблагоприятно влияет, и простекающие здесь погрешности требуют дополнительных мер предосторожности и многих добавочных повторных наблюдений. Длительное горение лампы сравнения и самой измеряемой лампы, уменьшение точности наблюдений и увеличение числа промахов в них при длительной работе по определению положения светового равенства у наблюдателей — вот обстоятельства, которые повлияют заметным образом на общее снижение точности световых измерений при неподвижной лампе. Или же надо найти новые (пока никем не опубликованные) приемы измерений, устраняющие неблагоприятное действие последних обстоятельств; но в 1928 и 1930 гг. их, во всяком случае, не было.

3. Вращение ламп требует дополнительных измерений их в шаре. Такие измерения для учета влияния вращения были выполнены для каждой лампы и не по два измерения, как ошибочно указано в рецензии, а по 4, включавших 32 фотометрических наблюдения. Значительное число ламп при повторении наблюдений сохраняло прежние значения светового потока при вращении и при неподвижном положении. Но некоторые имели отклонения до $0,5\%$.

В среднем погрешность определения влияния вращения для каждой лампы составляет не более $0,2\%$; для 10 ламп — $0,07\%$. Эта погрешность в значительной доле включает в себя и влияние неустойчивости газополных ламп.

Мнение рецензента, что погрешность определяется примерно в 1% — совершенно неправильно и ни на чем не основано. В статье Е. Д. Деятковой указывается средняя квадратичная ошибка в $\pm 1,1\%$ для каждой лампы при сравнении в светомерном шаре всех 30 ламп первичного эталона. Однако эта ошибка включает в себе погрешности таких измерений (совсем не

связанных с вращением лампы); на распределительном фотометре; силы света лампы сравнения — при сильно различающихся по окраске полях сравнения (эталонная пустотная лампа при цветовой температуре около 2400°K и газополные лампы при температурах, предположительно $2600\text{--}2850^{\circ}\text{K}$); разноцветных измерений в светомерном шаре (лампы при разных температурах $2600\text{--}2850^{\circ}\text{K}$); вместе с тем окраска шара несколько отступает от идеальной белизны, а лампы разных групп имеют неодинаковое распределение света, что также неблагоприятно влияет на точность. Напротив, взаимные сличения ламп одной и той же группы в светомерном шаре дали точность в $\pm 0,3$ и $\pm 0,4\%$ для одной лампы по двум группам и лишь для первой группы, с которой работа еще только начиналась, $\pm 0,9\%$. Это — те погрешности, размеры которых полностью или почти полностью укладываются в пределы устойчивости самих газополных ламп, что можно видеть в ряде опубликованных Фотометрической лабораторией статей и на что имеются еще многочисленные неопубликованные данные из повседневного опыта лабораторий.

Важно обратить внимание, что применение вращения не вносит существенного увеличения в погрешность первичного эталона как потому, что переходный коэффициент определялся с малой погрешностью (если ее полностью по квадратуре учитывать, что — неточно, то погрешность для каждой группы эталона практически почти не изменится), так и потому, что эта малая погрешность учитывает некоторое непостоянство ламп, которое уже учитывается погрешностями, определенными, при вычислении точности эталона, по разностям в значениях светового потока ламп на распределительном фотометре и при взаимном сличении их в светомерном шаре. По этим соображениям погрешность первичного эталона и вычислялась, как показано в работе Е. Д. Девятковой.

4. Эталонная лампа никогда не применяется одна; всегда их берется несколько. Обычное наименьшее число таких ламп — 5. Делается это, именно, для того, чтобы устранить (или ослабить) влияние случайных ошибок. Обыкновенно и практика международных сличений эталонных ламп идет по пути применения многих ламп. Например, часто применяется шесть ламп, гораздо реже — три, вероятно, в менее ответственных случаях. Такой же практики придерживается и ВНИИМ, но не для того, чтобы „оправдать принятый метод“, а чтобы с наибольшей достоверностью установить соотношение единиц СССР с единицами других стран. Конечно, косвенным образом попутно можно выявить и достоинства или недостатки способов измерений, принятых в той или иной лаборатории. Но для этого имеются и другие средства. Перед работой 1930 г. автору были известны способы определения светового потока ламп в двух европейских метрологических лабораториях. Тем не менее лаборатория ВНИИМ

предпочла идти собственным путем, считая его более ценным и пригодным. Вместе с тем совпадение или расхождение международных сравнений может объясниться несколькими причинами (см. начало настоящей статьи). В частности, при сравнении газополных ламп очень большое значение имеет способ разноцветных измерений, принятый для перехода от основного эталона.

5. Неправильно считать, что в световых измерениях вращающейся лампы, которая создает периодически меняющуюся освещенность одного из полей сравнения в светомерной головке, „имеется какая-то степень перехода к фотометрированию мигающему“, от которого „ошибка измерения не уменьшится, а увеличится“.

Существенным признаком „мигающего“ фотометра является периодическая перемена во времени изображений двух сравниваемых яркостей на одном и том же месте поля зрения. При этом о равенстве яркостей судят по кажущемуся прекращению колебаний в яркости (по отсутствию „мигания“). Как известно, такой способ измерений применяется почти исключительно для разноцветных световых измерений; он не отличается высокой точностью.

В случае измерений вращающейся лампы дело обстоит совсем не так: меняется по яркости одно поле, притом одноцветно. Здесь имеется самый обычный случай периодически меняющейся освещенности, при котором сила зрительного восприятия строго подчиняется закону, известному как закон (прерывистого освещения) Тальбота. Закон этот точен — тем более для тех относительно небольших колебаний освещенности, которые имеют место в данном случае. Световые измерения, как и обычно, производились в работе 1930 г. по способу нахождения границ положения светового равенства. Имевшее место расхождение между границами было вполне таким же, как и в измерениях не меняющихся (во времени) по яркости полей сравнения. Это полностью доказывает, что точность световых измерений при вращении лампы на распределительном фотометре несколько не понижается. Другими словами, можно сказать, что вращение лампы приблизительно похоже на применение вращающихся поглотителей с коэффициентом пропускания около 0,85—0,95, но ни в какой степени это не есть „приближение к условиям работы мигающего фотометра“.

5. Работа Е. Д. Девятковой могла быть опубликована только в сжатом виде. Возможно, этим частично объясняется ошибочное понимание рецензентом некоторых условий измерений в данной работе. Опубликованная статья представляет собою доклад для того Консультативного комитета по электричеству и фотометрии при Международном комитете мер и весов, для которого, как объединяющего крупнейших специалистов по фотометрии, ряд подробностей, частично изложенных в данной статье, надо думать, излишен.

СРАВНЕНИЕ СВЕТОВЫХ ЕДИНИЦ СССР и США

РАБОТА 1935 г.

П. М. ТИХОДЕЕВ

Единицы силы света — международная свеча — и светового потока — люмен — в СССР и США сравнивались в 1927, 1928, 1930, 1931 и в 1932 гг. Если отбросить косвенные сравнения (через лампы, выверенные Electrical Testing Laboratory, N-J), то в сравнениях участвовало 18 ламп для единицы силы света (в их числе 6 вольфрамовых и 12 угольных) и 5 ламп для единицы светового потока (в том числе 2 пустотных и 3 газополных).¹ Как видно, имеется недостаточно уверенное сопоставление единиц светового потока. Поэтому Фотометрическая лаборатория наметила произвести такое сравнение еще на 1933 г. Но возможность к тому появилась лишь в 1935 г. Было наметено сличить в Бюро стандартов США 10 пустотных эталонных ламп на 500 *lm* и 10 газополных эталонных ламп на 3500 *lm*. К сожалению, по не зависящим от ВНИИМ обстоятельствам были получены совсем другие лампы.²

Именно: 1) две пустотные вольфрамовые лампы в 550 и 572 *lm*; 2) две газополные вольфрамовые лампы в 739 и 782 *lm*; колбы этих ламп матовые изнутри; 3) три пустотные вольфрамовые лампы, выверенные на силу света в определенном направлении; 4) три пустотные вольфрамовые лампы, выверенные на среднюю поперечную силу света, измеряемую во время вращения.

Как видно, такие лампы лишь не в полной мере могут помочь делу сравнения световых единиц. Надо отметить, что переход от единицы силы света (точнее — от единицы освещенности) к единице светового потока связан с очень значительными измерительными трудностями и в метрологических институтах разных стран совершается, повидимому, с разной точностью. Ввиду огромного развития фотометрии и осветительной техники в Америке, не только научное, но и большое практическое значение имеет установление точного соотношения единицы светового потока СССР и США. Пока такое соотношение установлено ВНИИМ

¹ См. брошюру № 91, изд. Главной палаты мер и весов, 1930.

² По вине Техноимпорта.

Таблица 1

Сравнение эталонных ламп светового потока СССР и США

Обозначение ламп	Световой поток, в люменах					Разница, в % по отношению к дан- ным ВНИИМ	Сила тока в амперах			
	Бюро стандар- тов	ВНИИМ					Бюро стан- дартов	ВНИИМ		Разница, в %, по отношению к дан- ным ВНИИМ
		1-й наблю- датель	2-й наблю- датель	3-й наблю- датель	Среднее					
BS — 4538	572	567	572	566	568	+ 0,7	0,548	0,548 ₃	- 0,06	
BS — 4544	550	543	543	541	542	+ 1,4	0,530	0,5297 ₀	+ 0,06	
BS — 8822	782	766	761	793	773	+ 1,1	0,538	0,5381 ₀	- 0,04	
BS — 8826	739	714	713	723	717	+ 3,1	0,528	0,5284 ₀	- 0,09	
Среднее для всех ламп .						+ 1,6	Для всех ламп в среднем .		- 0,03	

лишь с Германией. Настоящее сравнение, продвигая дело вперед, все же не является полным и достаточно благонадежным. Результаты сравнений для единиц светового потока приводятся в табл. 1. При оценке полученных данных следует иметь в виду, что распределение силы света в пространстве у ламп BS—4538 и BS—4544, с одной стороны (пустотные лампы с прямолинейной нитью, прозрачная колба), и у ламп BS—8822 и BS—8826 (газополные лампы с винтовой нитью, в матовой колбе), с другой, — различно. Между тем способ измерений в светометрическом шаре, применяемый лабораторией,¹ пригоден для ламп с одинаковым распределением света. Для данных ламп следует ожидать небольшой ошибки измерений в сторону уменьшения значения светового потока. Размер этой ошибки не поддается надежному определению (без измерений на распределительном фотометре). Надо также обратить внимание, что лампы BS—8822 и BS—8826 имеют значительно более высокую цветовую температуру по сравнению с лампами BS—4538 и BS—4544. Это также могло повлиять на точность сравнений. Лампы считались с лампами П—1 с 12 по 17, образующими эталон люмена СССР.

Приходится отметить заметное расхождение в значениях люмена СССР и США. Лишь если предположить, что измерения лампы BS—8826 выпали, то расхождение окажется несколько меньше: 1,1% вместо 1,6%. Как видно, люмен СССР больше люмена США: последний составляет 0,98, от первого. Это значение достаточно близко к найденному в 1929 г. (0,98 по 2 пустотным лампам) и в 1932 г. (0,98, по 3 газополным лампам). Вследствие недостаточного числа американских ламп,

¹ См. „Временик“, № 4(16), 1930 г., стр. 54.

Таблица 2

Сравнение эталонных ламп силы света СССР и США

Обозначение лампы	Сила света, в <i>международ. свеч.</i>					Разница, в % по отношению к лампам ВНИИМ	Сила тона, в <i>дальтерах</i>		
	Бюро стандартов	ВНИИМ					Бюро стандартов	ВНИИМ	Разница, в % по отношению к лампам ВНИИМ
		1-й набор, датель	2-й набор, датель	3-й набор, датель	Среднее				
BS — 3178	57,3	58,3	57,5	57,9	57,9	- 1,0	0,526	0,5257	+ 0,06
BS — 3479	56,3	57,8	56,9	56,9	57,2	- 1,6	0,524	0,5246	- 0,10
BS — 3483	56,9	58,0	57,3	57,8	57,7	- 1,4	0,521	0,5213	- 0,06
BS — 4941	59,1	60,3	59,3	59,9	59,8	- 1,2	0,526	0,5265	- 0,10
BS — 4942	59,8	61,4	60,2	60,4	60,7	- 1,5	0,524	0,5241	- 0,05
BS — 4943	58,1	59,3	58,4	59,0	58,9	- 1,4	0,518	0,5188	- 0,14
Среднее для всех ламп						- 1,4	Для всех ламп в среднем		- 0,06

участвовавших в измерениях, следует пока воздержаться от каких-либо определенных выводов.

Переходя к сличениям ламп, эталонированных на силу света, надо отметить, как это делалось и раньше по отношению к прежним измерениям американских ламп во ВНИИМ, что эти лампы не имеют отметок для определения начала отсчета расстояний до испытательной пластинки. Не вполне ясно также, применяют ли в Бюро стандартов выверку установки оси лампы строго отвесно (или же довольствуются отвесным расположением цоколя, в который ввертывается лампа). Сертификат на лампы не указывает, с какой скоростью должны вращаться лампы во время измерений средней поперечной силы света лампы. Было выбрано Фотометрической лабораторией 120 оборотов в минуту; при этой скорости прекращается заметное для глаз колебание яркости на испытательной пластинке световой головки. Американские лампы сличались с основным световым эталоном СССР А—1 с 1 по 6.

Результаты измерений приведены в табл. 2. Как видно, найдено заметное расхождение между значениями международной свечи СССР и США: последняя составляет 1,01, от первой. Это значение несколько отличается от ранее (в 1927 г.) найденного 1,001,¹ также по пустотным вольфрамовым лампам. Цветовая температура американских ламп значительно выше ламп ВНИИМ. Как и при сличении ламп светового потока, это обстоятельство могло повлиять на точность измерений. В све-

¹ Это значение, впрочем, не было получено с высокой точностью.

товых измерениях участвовало три наблюдателя. Каждый наблюдатель влиял на результат в пределах до $\pm 0,3\%$ по одной лампе и до $\pm 0,2\%$ на результат сравнений единиц по всем лампам. Эти цифры являются наиболее важными для суждения о точности измерений данных ламп в лаборатории ВНИИМ. Заслуживает внимания, что расхождение в переходе от единицы силы света к единице светового потока для США по данным лампам и по измерениям ВНИИМ определяется почти в 3%. Эта величина едва ли может считаться вполне достоверной в сопоставлении с другими международными измерениями ВНИИМ. Очевидно, требуются дальнейшие сравнения.

Измерения силы тока в Бюро стандартов произведены с точностью до $\pm 0,1\%$, во ВНИИМ — около $\pm 0,01\%$. Расхождений за пределами этой точности нет. Это может свидетельствовать, что лампы за время пути из Америки не потерпели заметных изменений.

Лампы измерялись в Бюро стандартов 9 января 1935 г.; во ВНИИМ — 7 июня 1935 г. Они были получены почтовой посылкой 26 мая 1935 г.

Работа выполнена В. Е. Карташевской, К. И. Несмачным и П. М. Тиходеевым.

В 1938 г. Фотометрическая лаборатория возобновила работы по сравнению световых единиц СССР и США. В измерениях участвует несколько десятков ламп. Результаты будут опубликованы, предположительно, в 1940 г.

ПО ПОВОДУ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ОБ ИЗМЕНЕНИИ ЗНАЧЕНИЯ ЕДИНИЦЫ СИЛЫ СВЕТА В СВЯЗИ С ПЕРЕХОДОМ К НОВОМУ СВЕТОВОМУ ЭТАЛОНУ¹

П. М. ТИХОДЕЕВ

Комитет по участию СССР в международных энергетических объединениях (при НКТП СССР) в ноябре 1936 г. получил от Международной комиссии по освещению (МКО) предложение относительно изменения существующего значения единицы силы света — международной свечи — в связи с переходом к новому световому эталону в виде абсолютно черного тела. Одновременно предлагалось установить определенный способ разноцветных световых измерений. Тожественное предложение было получено в конце декабря Всесоюзным научно-исследовательским институтом метрологии от председателя Консультативного комитета по фотометрии при Международном комитете мер и весов профессора Поля Жана.

Текст предложения таков:

а. Единица силы света такова, что яркость совершенного излучателя² при температуре затвердевания платины составляет 60 единиц силы света на квадратный сантиметр.

Эта единица называется свеча.

б. Значения световых величин для источников света, отличающихся по цвету от первичного эталона, выводятся от таковых этого эталона помощью применения поглотителей, которые, будучи помещены между фотометром и одним из сравниваемых источников света, восстанавливают ощущение одинаковых цветов на обоих участках испытательной пластинки.

Коэффициент пропускания этих поглотителей должен быть определен путем вычисления общего коэффициента пропускания по спектральным коэффициентам пропускания, применяя в этом вычислении относительную видимость, принятую Международным комитетом мер и весов.

Наблюдатели должны быть так подобраны и условия измерений должны быть такими, чтобы средний результат представлял то, что получил бы наблюдатель, глаз которого был бы

¹ Докладная записка для Консультативного комитета по фотометрии при Международном комитете мер и весов (1937 г.).

² Т. е. абсолютно черного тела (прим. автора).

одинаков с определяемым упомянутой выше относительной видностью*.

Предложениям предшествуют краткие разъяснения (см. перевод письма в Приложении 1).

С первым предложением согласиться нельзя.

Второе предложение по существу не вызывает возражений, однако, изложение его желательнее было бы видоизменить. Предварительно надо еще указать, что предложения делаются от имени: Бюро стандартов США, Национальной физической лаборатории Великобритании и Центральной электрической лаборатории Франции и предположительно от Государственного физико-технического института в Германии.

1. Невозможность изменения значения световых единиц.

Как известно, яркость абсолютно черного тела при температуре затвердевания платины определена в 58,9 *sb*, что является средним из измерений первых трех перечисленных выше метрологических институтов. Между тем предлагается приписать яркости значение 60 *sb* и соответственно изменить значения существующих международных световых единиц; следовательно, уменьшить их на 1,8%. К сожалению, предложение об изменении значения, в частности, международной свечи, которая исторически считается (в Международной комиссии по освещению) основной световой единицей, не сопровождается изложением причин, по которым возникло само это предложение и по которым предусматривается изменение, именно, на 1,8%, а не на другую величину. Это затрудняет рассмотрение вопроса. Однако, все то, что опубликовано в международной литературе¹ позволяет предполагать, что научных обоснований к изменению не имеется.

В связи с этим необходимо указать, что была высказана неуверенность в неизменной сохранности международной свечи за время ее хранения (с 1906—1909 гг.). Такая мысль имеется в сообщении Физико-технического института, представленном в 1933 г. в Консультативный комитет по электричеству и фотометрии.² Дело в том, что отношение международной свечи к свече Гефнера первоначально (1906—1909 гг.) было установлено на основании измерений равным 1,11. Между тем, измерения 1931 и 1932 гг. дали отношение в 1,129. Однако, нужно вспомнить, что точность воспроизведения свечи Гефнера — около 1%. Кроме того, сравнение свечей Гефнера и международной производится при разно окрашенных полях сравнения в фотометре. Разница в окраске очень значительна. На отбор наблюдателей при световых измерениях еще до последнего времени (по неизбежности) обращали мало внимания.

¹ Доступной автору.

² Comité International des Poids et Mesures; Procès-Verbaux des séances; v. XVI, 1933, p. 240—242.

Поэтому измерения 1906 г. и 1932 г. едва ли можно считать одинаково точными и безусловно благонадежными. Если данное обстоятельство сопоставить с тем, что взаимное сличение эталонных ламп США, Великобритании и Франции в 1931 и 1932 гг. показало вполне удовлетворительное совпадение относительных значений единиц силы света, хранимых каждой из данных стран, то имеется, по крайней мере, некоторое основание говорить, что международная свеча за время ее хранения едва ли изменилась заметным образом. Но если бы даже и принять, что международная свеча несколько изменилась за время ее хранения, то при всякой замене эталона единицы силы света на новый, следовательно, в настоящем случае — при переходе от эталонных электрических ламп накаливания к абсолютно черному телу, — надлежит по новому эталону воспроизводить такое значение световой единицы, которое во время перехода хранит предыдущий эталон. Без колебаний можно утверждать, что ценность и объем научных и практических работ, опирающихся на световые измерения, быстро возрастают из года в год. Поэтому гораздо важнее и практически целесообразнее сохранить для будущего значение световых единиц, которое имеется для последних лет, чем то, которое имелось в более отдаленном прошлом.

С точки зрения метрологии, следует отделить вопрос о значении (другими словами — о размере) световых единиц от обстановки и условий их воспроизведения эталонами. Система световых единиц должна строиться применительно к надобностям ее самой, а не к условиям воспроизведения этих единиц.

Световой эталон по мере дальнейших успехов в развитии науки и техники может время от времени изменяться более совершенным. Вновь предлагаемый Бюро стандартов световой эталон в виде черного тела, яркость которого измеряется при температуре затвердевания платины, не является настолько совершенным, чтобы не следовало уже и теперь искать более подходящего.¹ И можно только высказать пожелание, чтобы был найден более совершенный световой эталон.

Но из этого вовсе не следует, что при каждой замене светового эталона нужно или можно изменять значение световых единиц, которое он воспроизводит. Научной необходимости в изменении размера быть не может: дело ведь идет об условной величине или условной цифре.

Напротив, для практики всякое изменение обращающихся в стране измерителей связано с большими затруднениями и потерями средств и времени. Нужно не только изменить значение обращающихся в стране измерителей. Необходимо учитывать

¹ П. М. Тиходеев. Современное состояние вопроса об установлении нового светового эталона. Сборник трудов по светотехнике, изд. Академии наук СССР, 1938 г.

изменение единиц при всяком сопоставлении измеряемых величин в новых единицах с прежними их значениями в старых единицах, если последние были выполнены ранее некоего узаконенного срока изменения единиц.

Когда СССР в 1925 г. узаконивал у себя международную свечу вместо ранее употреблявшейся на практике свечи Гейффера, то учитывалось, что международная свеча еще не имеет постоянного эталона. Но было проявлено доверие к международным научным соглашениям. Документ об установлении международной свечи в 1909 г. по соглашению Бюро стандартов США, Национальной физической лаборатории Англии и Центральной электрической лаборатории (в Париже) содержит указание, что эти метрологические институты будут сохранять неизменной общую для них световую единицу.¹ Международная комиссия по освещению в 1921 г. приняла эту единицу в качестве международной.² Именно, на основании этих решений СССР без особых колебаний узаконил международную систему световых единиц.

Было бы в высшей степени нежелательно отступать от международных соглашений без совершенно неоспоримых научных и практических обоснований.

В СССР по всей стране обращается несколько сот образцовых светоизмерительных ламп и несколько сот люкметров, выверенных по узаконенному значению световых единиц. Легко представить, сколько может быть недоразумений на почве изменения световых единиц.

Важно отметить, что образцовые лампы имеют не округленное значение световых единиц. Само по себе округление значения яркости с 58,9 до 60 *sb* не имеет практического значения, так как давными числами пользуется лишь Фотометрическая лаборатория ВНИИМ и то в очень редких случаях.

2. Название единицы силы света. Рассматриваемые предложения МКО содержат также новое название для единицы силы света: „свеча“ (*bougie*) вместо „международная свеча“ (*bougie internationale*).

Существующая в СССР единица обычно называется свечой (см. ОСТ 4891). В США, Англии и Франции определение „международная“ часто также опускается. Поэтому для измененного значения единицы силы света сохранение названия „свеча“ может внести путаницу. Следует попутно вспомнить, что в системе световых единиц лишь единица силы света „свеча“ названа так в силу исторических причин и притом неудачно из-за употребительности этого слова в общежитии в его собственном прямом смысле (известный вид источника света).

¹ Commission Internationale de l'Éclairage, Recueil des Travaux, Session 1921, p. 42—44.

² Там же, стр. 40—41.

Поэтому теперь естественно установить подходящее собственное название, одинаковое для всех стран. А. Blondel в 1924 г. предлагал Международной комиссии по освещению принять название „пир“ (rut).¹ Для русского языка это слово не вполне подходит из-за наличия такого же слова с совершенно другим смыслом. Но пока других предложений нет, хотя и следовало бы сделать.

3. Определения (словесные) люмена, стильба и единицы силы света. В предложениях МКО определение единицы силы света отличается от общепринятого построения производных единиц и оказывается выпадающим по сравнению с определениями всех других единиц, принятых Международной комиссией по освещению. В таком отступлении в определении нет никакой нужды.

Целесообразнее всего поступить так, как это сделано в стандарте световых единиц (ОСТ 4891). Именно, основной единицей в системе световых единиц считается единица светового потока — люмен — в соответствии с тем, что основной световой величиной является световой поток. Все прочие единицы производятся от него в порядке физических и математических соотношений. Люмен же определяется по основному световому эталону. Именно, надо принять определение: „люмен равен световому потоку, испускаемому абсолютно черным телом при температуре затвердевания платины с площади в $0,005404$ ² квадратного сантиметра.

Примечание. Устройство черного тела и условия измерений определяются спецификацией, утвержденной Международным комитетом мер и весов в . . . году.³

Упомянутая спецификация,³ на первый взгляд, предлагает измерять яркость. В действительности яркость не измеряется, а вычисляется по измеренной освещенности. Более строго следует говорить, что световой эталон воспроизводит освещенность. Но, поскольку освещенность имеется на определенной площади, с полным основанием можно говорить и о воспроизведении светового потока. Вообще, ни одну световую величину нельзя воспроизвести без наличия светового потока. Ряд световых величин и единиц воспроизводится именно одновременно, а не раздельно. Все зависит от того, на что обращается внимание. Поэтому позволительно непосредственно говорить о воспроизведении люмена в словесном его определении, представляющем собою условную отвлеченность, притом совершенно однозначную, не приводящую ни к каким противоречиям.

¹ Proceed. Internat. Congress of Illumination, 1928, p. 776. Такое же предложение А. Blondel делал еще в 1896 г.

² $0,005404 = \frac{1}{\pi \cdot 58,9}$.

³ Comité International des Poids et Mesures, Procès-Verbaux des séances, t. XIV, 1931, p. 249—257.

Определение для единицы силы света тогда получается таким: это — сила света точечного источника в тех направлениях, в которых он испускает световой поток в один люмен, равномерно распределенный внутри телесного угла в один стерадиан. В определении единицы яркости — стильба — уже не следует ссылаться на эталон, а нужно определять стильб через единицу силы света: это — яркость такой одинаково во всех точках светящейся плоской поверхности, в перпендикулярном к ней направлении, которая имеет силу света в том же направлении в одну международную свечу с площади в один квадратный сантиметр.

4. О разноцветных световых измерениях. В предложениях МКО имеется следующее место: „Значения световых величин для источников света, отличающихся по цвету от первичного эталона, должны определяться способом, учитывающим относительную видность, принятую Комитетом“. Это положение устанавливает вполне определенное исходное основание для всех возможных способов световых измерений: само по себе оно вполне достаточно. Между тем второе окончательное предложение (см. в начале статьи, п. б) уже говорит о техническом способе для разноцветных измерений — способ цветных поглотителей.

Применение такого способа требует, как известно: 1) определения относительного распределения лучистой мощности для источника света, у которого применяется цветной поглотитель и 2) определения спектральных коэффициентов пропускания поглотителя. Оба определения должны выполняться опытным путем (для тех метрологических работ, в которых желают получить предельную точность). Спектрофотометрические измерения, в особенности, касающиеся относительного распределения лучистой мощности, пока еще представляют некоторые трудности. Точность их не так велика. Отбор наблюдателей для световых измерений обязательно включает в себя определение относительной чувствительности к спектральным цветам каждого. Разноцветные световые измерения, выполняемые совместно несколькими наблюдателями, отобранными так, что средняя их чувствительность к спектральным цветам как раз равна международно принятой относительной видности, обеспечивают правильный (и однозначный) результат при изменении цвета определяемых световых величин, вообще говоря, и при непосредственном сравнении разноцветных величин (например, при употреблении контрастного фотометра) без применения цветного поглотителя. Последний является вспомогательным техническим средством, вполне удобным в известных случаях измерений. Едва ли, однако, следует во всех без исключения обстоятельствах им пользоваться.

Допустим, дело идет об установлении вторичного эталона в виде пустотных вольфрамовых ламп накаливания при цвето-

вой температуре порядка 2360°K . Для сличения с первичным — в виде черного тела при температуре затвердевания платины — применена лампа сравнения. Пусть она подобрана по цвету (и в достаточной степени — по относительному распределению лучистой мощности) одинаковой с первичным эталоном. Тогда при измерениях вторичного эталона со стороны лампы сравнения потребуются, согласно предложению МКО, применить голубой поглотитель. Надо, следовательно, произвести такие измерения: 1) измерения относительного распределения лучистой мощности лампы сравнения, 2) измерения спектральных коэффициентов пропускания цветного поглотителя, 3) сличение лампы сравнения с первичным эталоном и 4) сличение вторичного эталона с лампой сравнения; кроме того, при отборе наблюдателей производятся измерения: ¹ 5) относительного распределения лучистой мощности по спектру у некоторой (мощной) лампы и 6) спектрофотометрические относительные измерения отдельных областей спектра у последней лампы несколькими наблюдателями, отбираемыми для измерений по пп. 3 и 4.

Трудно вперед сказать, что такой путь измерений окажется более точным, чем непосредственное сличение вторичного эталона с лампой сравнения без поглотителя, если отобрано достаточное число опытных наблюдателей, так как отпадают указанные в пп. 1 и 2 ряды измерений, точность которых, что уже отмечалось, не столь велика.

Если же: 1) спектрофотометрически сравнить вторичный эталон с лампой сравнения и 2) для одной из этих ламп определить относительное распределение по спектру лучистой мощности, то по этим двум рядам измерений также можно вычислить значение соответствующей световой величины для вторичного эталона. В этом способе измерений влияние свойств глаз отдельного наблюдателя легко устранить.² Кроме того, все измерения (кроме сличения лампы сравнения с первичным эталоном) могут быть выполнены объективными способами (без помощи глаза как участника при световых сравнениях). Данный способ измерений имеет в некоторых случаях заметные преимущества перед способом поглотителей и едва ли от него следует отказываться.

Так как в настоящее время все еще нет данных, которые позволили бы без колебаний отдать предпочтение какому-либо одному способу разноцветных световых измерений перед другими, то с точки зрения общей метрологии правильнее всего осуществлять такие измерения разными способами, что только повысит точность и надежность результатов.

¹ Как, например, это было сделано Гибсоном и Тиндалем в Бюро стандартов США (в 1923 г.) при определении относительной видимости, международно принятой.

² Если спектрофотометрические измерения производятся помощью глаза.

Вот почему в решениях МКО и Консультативного комитета по фотометрии о разноцветных измерениях надо считать основным — пользование определенной, уже международно принятой относительной видимостью; способ же цветных поглотителей — отдельно рекомендовать как один из практически удобных.¹

Приложение 1

ОСНОВАНИЕ, ПРЕДЛОЖЕННОЕ ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ РЯДА ЗНАЧЕНИЙ СВЕТОВЫХ ВЕЛИЧИН²

Перевод приложения к письму председателя Консультативного комитета по фотометрии

1. Международный комитет мер и весов установил два основания, которым он условился следовать при установлении ряда значений световых величин, начиная с первичного эталона.

Эти основания такие:

а) первичный эталон силы света воспроизводится яркостью совершенного излучателя (черного тела) при температуре затвердевания платины;

б) значения световых величин для источников света, отличающихся по цвету от первичного эталона, должны определяться способом, учитывающим относительную видимость принятую Комитетом. Определенные яркости черного тела при установленных выше условиях в настоящее время достаточно для создания ряда значений световых величин.

2. А *proci* казалось бы естественным приписать яркости совершенного излучателя при определенных условиях такое численное значение, которое выбрано с целью сохранить единицу силы света, установленную в 1909 г. Францией, Великобританией и Соединенными Штатами Америки (единица, хранимой с того времени при помощи угольных ламп накаливания) и названной „международной свечой“. Уже произведенные при употреблении этой единицы определения яркости совершенного излучателя приводят к значению ее в 58,9 международных свечей на квадратный сантиметр.

3. Кажется, в настоящее время все страны были бы склонны присоединиться к общему эталону силы света, определенному по указанным выше основам, если бы отказаться от применения международной свечи, чтоб заменить ее такой новой единицей, при которой яркость совершенного излучателя при указанных

¹ О цветных поглотителях и международных измерениях их см. доклад: Comité International des Poids et Mesures, Procès-Verbaux des séances, t. XVI 1933, p. 296—325.

² Имеется ввиду ряд световых величин, отличающихся по цвету, — цветовой ряд световых величин (прим. автора).

условиях была бы 60 новых единиц силы света на квадратный сантиметр.

Очевидно это решение возложило бы на лаборатории многочисленные сравнения между первичным эталоном и их нынешними эталонами, дабы позволить им установить значение этих эталонов в размере новой единицы. Но нам известно, что многие национальные лаборатории заняты выполнением этой работы.

4. Именно, на Консультативный комитет по фотометрии, учрежденный при Международном комитете мер и весов падает обязанность установить предложения относительно световых эталонов и устройств, применяемых в деле установления ряда значений световых величин.

В ожидании ближайшего собрания Комитета, которое должно иметь место в 1937 г., национальные лаборатории, занятые установлением и хранением единиц, представляют следующие предложения с просьбой письменно препроводить всем членам Консультативного комитета, чтобы они могли подготовиться изложить их мнение на этом собрании.

Примечание. Далее в оригинале следуют предложения, приведенные в начале статьи.

Приложение 2

В ответ на изложенную выше докладную записку, сопроводившую письмо председателю Консультативного комитета по фотометрии от зам. директора ВНИИМ проф. Л. В. Залуцкого (которое, кроме изложения основ записки, содержало ряд других соображений), от Национального бюро стандартов США было получено обстоятельное письмо. Краткое письмо было также получено от Национальной физической лаборатории Англии. После изучения всех данных автор подготовил такую записку для Консультативного комитета по фотометрии (она вошла во второе письмо проф. Л. В. Залуцкого председателю Консультативного комитета по фотометрии):

В дополнение к письму от 28 февраля 1937 г. сообщаем следующее: ВНИИМ получил от Бюро стандартов материалы, содержащие некоторые новые научного характера разъяснения относительно причин, повлекших к предложению изменить значение международной свечи. Эти причины ранее не были известны ВНИИМ.

В СССР система световых единиц опирается на основной эталон в виде группы электрических ламп накаливания, горящих при цветовой температуре около 2350° К. Вследствие этого предложение об изменении значения единицы силы света, производимой угольными лампами накаливания, не затрагивает СССР, поскольку имеется в виду сохранить, именно, значения световых единиц, воспроизводимых эталонными лампами при температурах 2360—2800° К.

Поля сравнения в фотометрах, применяемых в Фотометрической лаборатории ВНИИМ, имеют угловой размер около 4° , что, сравнительно близко к условиям определения относительной видности, международно принятой.¹ Вместе с тем ВНИИМ считался с фактами вполне удовлетворительного совпадения результатов разноцветных измерений при помощи контрастного поля сравнения значительного размера с вычислениями по международной относительной видности как в своей практике, так и в практике метрологических институтов других стран.²

В результате изучения вопроса ВНИИМ пришел к тому же решению, как и другие авторитетные светотехнические организации СССР. Оно таково.

1. Единица светового потока — люмен — равна световому потоку, испускаемому абсолютно черным телом при температуре затвердевания платины с площади в $0,005305^3$ квадратного сантиметра.

Примечание. Устройство черного тела и условия измерений определяются спецификацией, утвержденной Международным комитетом мер и весов в . . . году.

2. а) Значения световых величин для источников света, отличающихся по цвету от первичного эталона, должны определяться способом, учитывающим относительную видность, принятую Комитетом; б) с целью выяснения единообразия в осуществлении метрологическими институтами перехода от нового первичного эталона к вторичным, горящим при более высокой световой отдаче, — принимается⁴ способ голубых поглотителей, которые, будучи помещены между фотометром и одним из сравниваемых источников света, восстанавливают ощущение одинаковых цветов на обоих участках испытательной пластинки.

Коэффициент пропускания этих поглотителей должен быть определен путем вычисления общего коэффициента пропускания по спектральным коэффициентам пропускания, применяя при этом вычислении относительную видность, принятую Международным комитетом мер и весов. Наблюдатели должны быть так подобраны и условия измерений должны быть такими, чтобы средний результат представлял то, что получил бы наблюдатель, глаз которого был бы одинаков с определяемым упомянутой выше относительной видностью.⁵

¹ K. S. Gibson and E. P. T. Tyndall. Visibility of radiant energy. S. P. Bureau of Stand. 1923, p. 133.

² Comité International des Poids et Mesures; Procès-Verbaux des séances; 1933; deuxième série, tome XVI, p. 296—303, p. 307—322. Journal of Research of the National Bureau of Standards; vol. 13, 1934; № 2, p. 161—168.

³ $\frac{1}{\pi \cdot 60} = 0,0053052$.

⁴ Далее следует дословный текст предложений МКО.

⁵ Решения Консультативного комитета по фотометрии по рассмотренным вопросам и относящиеся к ним материалы опубликованы: Comité Intern. des Poids et Mesures; Procès-Verbaux des séances; 1937, deuxième série, tome XVIII.

МЕЖЛАБОРАТОРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ СВЕТОВОГО ПОТОКА У ГАЗОПОЛНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЛАМП

К. И. НЕСМАЧНЫЙ

Светотехнические измерения как с помощью глаза (субъективная фотометрия), так и с помощью фотоэлементов (объективная фотометрия) относятся к области измерительной техники, точность результатов измерений которой в значительной степени зависит не только от правильного выбора и свойств измерительных приборов, но кроме того, и от субъективных особенностей глаза в первом случае и субъективных особенностей фотоэлементов во втором.

В настоящее время в точных светотехнических измерениях фотоэлементы еще не получили широкого распространения, так как их субъективные особенности и поведение при измерениях часто вносят большие погрешности в результаты измерений. Исключение этих погрешностей не всегда может быть достигнуто и во всяком случае бывает достаточно затруднительно, требуя усложнения процессов измерения, что уничтожает одно из главных приписываемых фотоэлементам преимуществ — простоту измерительного процесса. Субъективность, вносимая глазом в световые измерения, может быть значительно уменьшена более легко и просто, чем в измерениях с фотоэлементами, соответствующими навыками глаза, подбором и числом наблюдателей и созданием наиболее благоприятных условий измерений.

Субъективные световые измерения, обеспечивая в данное время большую точность измерений, обладают существенным недостатком — большой затратой времени, которая неизбежна в случае необходимости получать большую точность результатов.

Некоторым подтверждением правильности высказанных положений о преимуществах субъективной фотометрии также является тот факт, что из семи лабораторий Москвы и Ленинграда, участвовавших в межлабораторных измерениях светового потока в период 1934—1937 гг., шесть лабораторий пользовались только субъективными светоизмерительными приборами и лишь одна лаборатория использовала в 1937 г. и субъективные и объективные приборы — селеновые фотоэлементы. Последняя лаборатория в настоящее время имеет исключительно благоприятные

условия использования приборов объективной фотометрии, каковые для большинства других лабораторий сейчас еще являются трудно достижимыми; в частности, она сама их изготавливает.

Таким образом можно считать, что в настоящее время в общем наиболее благоприятные результаты точных световых измерений могут быть получены и получаются при использовании субъективных светоизмерительных приборов, каковыми пока преимущественно и пользуется большинство наших светотехнических лабораторий.

Опыт показывает, что при всех светотехнических измерениях, в частности и при субъективных, некоторые неблагоприятные обстоятельства, пренебрежение к строго должному состоянию измерительных приборов и некоторым требованиям выполнения самого измерительного процесса вносят значительные искажения в результаты светотехнических измерений. Вот почему является очень полезным проведение периодических межлабораторных световых измерений с целью выявления достоверности получаемых лабораториями результатов и согласованности в измерениях отдельных лабораторий. Такие измерения позволяют вполне выявить степень единства световых мер по всей стране.

В СССР межлабораторные световые измерения силы света электрических ламп накаливания были впервые проведены Фотометрической лабораторией Всесоюзного научно-исследовательского института метрологии в 1928 г. Результаты этих измерений дали отчетливое представление о состоянии (в общем благоприятном) измерений силы света в наших лабораториях и позволили сделать некоторые выводы, весьма полезные для дальнейшей практики этих лабораторий.¹

Не менее важными следует считать также и межлабораторные измерения светового потока, при которых еще более возможны иногда незамечаемые причины искажения правильности результатов измерений. Проведение таких измерений одновременно с межлабораторными измерениями силы света не являлось возможным, так как светотехнические лаборатории в то время еще не были вполне обеспечены светоизмерительными лампами светового потока, наличие которых является одним из существеннейших факторов, способствующих получению правильных результатов измерений. Только в 1932 г. большинство светотехнических лабораторий было обеспечено такими лампами, появившимися во ВНИИМ. Это дало возможность проведения межлабораторных измерений светового потока.

Для межлабораторных измерений светового потока Фотометрической лабораторией ВНИИМ было выделено из своих запасов

¹ См. „Поверочное дело“, 1929 г. № 3, стр. 160—168.

десять газополных ламп. Из них шесть ламп промышленного типа фабрики „Осрам“ (в Германии): пять ламп 200 W, 120 V, и одна лампа 150 W, 110 V. Остальные четыре лампы — завода „Светлана“ мощностью 110—120 W, типа, близкого к типу № 11 (см. ОСТ 8273); они имели надежное закрепление нити на крючках и надежное скрепление нити со вводами. Предварительные измерения ламп дали благоприятные результаты, и лампы были допущены к использованию в межлабораторных измерениях. Для большей уверенности в постоянстве ламп по условиям, выработанным Фотометрической лабораторией ВНИИМ лампы должны были измеряться при несколько пониженном напряжении, именно, при 105 V.

Основной задачей межлабораторных измерений светового потока являлось измерение светового потока и силы электрического тока ламп.

Согласие на участие в межлабораторных измерениях было получено от Ленинградского электротехнического института им. Ульянова (Ленина), Гос. оптического института, Ленинградского института организации и охраны труда, Московского энергетического института, от светотехнической лаборатории Московского электролампового завода и от двух специальных институтов.

Межлабораторные световые измерения были намечены к проведению в первую очередь в светотехнических лабораториях Москвы. Организационные работы по проведению их в Москве взяла на себя Всесоюзная ассоциация лабораторий осветительной техники (ВАЛОТ), а после ликвидации последней — Московский филиал ВНИИМ. После измерений в Москве, законченных к началу 1934 г., лампы были возвращены в Фотометрическую лабораторию ВНИИМ, где они подверглись вторичным измерениям. Последние показали полную доброкачественность ламп; некоторое сомнение могла вызывать лишь лампа № 667 (табл. 1). После этого лампы были направлены в светотехнические лаборатории Ленинграда.

Межлабораторные измерения в Ленинграде были закончены в январе 1937 г. Окончательные измерения были проведены в Фотометрической лаборатории ВНИИМ весной 1937 г. Приходится отметить большую длительность проведения этой работы, вызванную рядом причин, почти не зависевших от ВНИИМ. С другой стороны, эта длительность потребовала четырехкратных (в разное время) повторных измерений в Фотометрической лаборатории ВНИИМ, что в свою очередь дало возможность убедиться в полноценности ламп (за исключением лампы № 667), использованных для межлабораторных измерений. Лучшие результаты сохранности показали лампы завода „Светлана“.

Для получения представления об измерительных приборах, используемых лабораториями, и процессе измерения было предложено лабораториям — участникам в измерениях — дать сведения о применявшихся светозмерительных и электронизмери-

тельных приборах, их состоянии (например, окраска шара), числе наблюдателей, числе отсчетов при измерениях, продолжительности горения каждой лампы и точности световых и электрических измерений, по мнению самих лабораторий.

Результаты измерений и ответы на поставленные вопросы (более или менее полные) были представлены шестью лабораториями из семи принимавших участие в измерениях (одна из ленинградских лабораторий считала результаты своих измерений недостоверными и не представила их во ВНИИМ).

В отношении светоизмерительных ламп светового потока оказалось, что все лаборатории пользовались лампами, поверенными в Фотометрической лаборатории ВНИИМ. Светоизмерительные лампы большинства лабораторий состояли из ламп промышленного типа и только в двух лабораториях были светоизмерительные лампы по ОСТ 8273. Число светоизмерительных ламп, использованных при измерениях в лабораториях, в общем может считаться достаточным; одна лаборатория использовала пять ламп, две лаборатории — по четыре лампы и три лаборатории — по три лампы. Последнее число допустимо лишь при согласованных показаниях этих трех ламп. В трех лабораториях световой поток светоизмерительных ламп в общем был близок к такому у измеряемых ламп, что создавало более благоприятные условия для измерений.

В отношении количества наблюдателей оказалось, что в трех лабораториях было по два наблюдателя, в одной — три, в одной — четыре и в одной — пять. При этом приходится отметить, что именно в лабораториях, в которых принимало участие в измерениях по два наблюдателя, использовалось по три светоизмерительных лампы светового потока. Это не создавало благоприятных условий измерений (не вполне достаточное количество светоизмерительных ламп при недостатке наблюдателей), что и подтвердилось результатами измерений.

Состояние внутренней окраски светомерных шаров (по кратким данным лабораторий) в общем не может считаться вполне удовлетворительным. Только в одной лаборатории шар был покрашен заново краской по рецепту и способу ВНИИМ. В остальных лабораториях окраска и ее состояние были не достаточно полноценны.

В качестве светоизмерительных приборов в трех лабораториях были применены трубчатые фотометры по Веберу, в одной лаборатории — универсальный фотометр Шмидта и Генша и в одной — светомерная скамья и головка. Следует считать, что использование для измерений в шаре светомерной скамьи должно было дать значительные преимущества в отношении возможности получения большой точности, как результата создания более благоприятных условий для измерений.

Результаты межлабораторных измерений светового потока приведены в табл. 1.

Межлабораторные изме

Обозначения ламп	Всесоюзный научно-исследовательский институт метрологии								I	
	1932 г. (июнь)		1934 г. (май)		1935 г. (декабрь)		1937 г. (июнь)		1933 г.	
	амперы	люмены	амперы	люмены	амперы	люмены	амперы	люмены	амперы	люмены
	Сила тока н									
665	1,760 ₉	2433	1,765 ₀	2426	1,764 ₅	2297	1,760 ₀	2460	1,770	2410
666	1,746 ₁	2240	1,744 ₄	2214	1,751 ₅	2229	1,746 ₁	2245	1,740	2192
667	1,757 ₇	2326	1,761 ₀	2291	1,770 ₅	2335	1,771 ₄	2381	1,760	2291
668	1,776 ₅	2333	1,779 ₀	2408	1,778 ₀	2394	1,779 ₀	2434	1,773	2350
669	1,745 ₀	2211	1,750 ₀	2206	1,755 ₀	2230	1,747 ₀	2194	1,751	2190
670	1,359 ₉	1704	1,360 ₀	1713	1,363 ₀	1702	1,366 ₀	1707	1,360	1684
ДП-1	1,192 ₄	1072	1,192 ₀	1074	1,191 ₀	1070	1,192 ₀	1078	1,190	1047
ДП-2	1,174 ₀	1053	1,17 ₀	1051	1,176 ₀	1041	1,173 ₀	1040	1,174	1020
ДП-3	1,182 ₀	1034	1,182 ₀	1040	1,184 ₀	1035	1,181 ₀	1032	1,189	1008
ДП-4	1,192 ₀	1027	1,193 ₀	1020	1,190 ₀	1011	1,183 ₀	1020	1,190	985

Отклонения от среднего и ближайших предельных данных Все

	Сила							
	от среднего		от предельного		от среднего		от предельного	
665	-0,12	+0,17	+0,09	-0,14	+0,37	+0,23		
666	-0,04	-0,15	+0,21	-0,03	+0,15	-0,01		
667	-0,42	-0,24	+0,30	+0,35	+0,03	-0,06		
668	-0,14	+0,07	-0,01	+0,06	-0,29	-0,19		
669	-0,11	+0,01	+0,27	-0,18	+0,10	+0,04		
670	-0,21	-0,13	+0,66	+0,29	+0,01	-0,03		
ДП-1	-0,07	-0,04	+0,15	-0,03	-0,20	-0,19		
ДП-2	-0,04	-0,02	+0,13	-0,07	-0,02	-0,00		
ДП-3	-0,03	-0,03	+0,14	-0,07	+0,58	+0,58		
ДП-4	-0,12	-0,02	+0,17	-0,04	-0,27	-0,21		
В среднем	-0,13	-0,04	+0,15	+0,01	+0,04	+0,15		

	Световой							
	от среднего		от предельного		от среднего		от предельного	
665	+0,8	+0,5	-0,7	-0,6	-0,8	-0,7		
666	+0,4	-0,8	-0,1	+0,6	-1,6	-1,0		
667	-0,3	-1,9	+0,1	+2,1	-0,8	+0,9		
668	-0,6	+0,0	-0,5	+1,1	-2,1	-1,8		
669	+0,1	-0,2	+0,9	-0,8	-0,9	-0,7		
670	-0,1	+0,4	-0,2	+0,0	-1,4	-1,2		
ДП-1	-0,2	+0,0	-0,3	+0,3	-2,4	-2,3		
ДП-2	+0,7	+0,5	-0,5	-0,6	-3,0	-2,9		
ДП-3	-0,1	+0,5	+0,0	-0,3	-2,8	-2,5		
ДП-4	+0,7	+0,0	-0,9	+0,0	-3,8	-3,4		
В среднем	+0,1	-0,1	-0,2	+0,2	-2,0	-1,6		

Таблица 1

решия светового потока

II		III		IV		V		VI		
1933		1933 г.		1934 г.		1935 г.		1937 г.		
амперы	люмены	амперы	люмены	амперы	люмены	амперы	люмены	амперы	Измерения глазом	Измерения фотоэлем.
								люмены		
1,750	2340	1,767 ₂	2438	1,774	2585	1,76	2316	1,763	2429	2433
1,735	2155	1,751 ₀	2242	1,750	2268	1,74	2154	1,746	2254	2246
1,760	2335	1,771 ₄	2286	1,772	2524	1,77	2325	1,766	2357	2365
1,760	2335	1,785 ₀	2386	1,780	2557	1,78	2377	1,776	2424	2415
1,740	2200	1,754 ₅	2186	1,764	2250	1,75	2195	1,749	2241	2228
1,350	1650	1,364 ₄	1712	1,368	1790	1,86	1708	1,359	1721	1705
1,187	1010	1,197 ₀	1061	1,200	1050	1,19	1033	1,192	1079	1083
1,169	960	1,178 ₀	1042	1,182	1074	1,18	1020	1,174	1049	1053
1,178	970	1,186 ₀	1032	1,190	1033	1,18	1017	1,182	1049	1050
1,180	940	1,197 ₀	998 ₄	1,204	1057	1,19	988	1,193	1015	1019

созданного научно-исследовательского института метрологии

тока											
от среднего		от предельного		от среднего		от предельного		от среднего		от предельного	
-0,76	-0,61	+0,22	+0,07	+0,46	+0,46	-0,26	-0,03	+0,03	-0,09		
-0,58	-0,52	+0,39	+0,33	+0,34	-0,02	-0,59	-0,24	-0,13	-0,01		
+0,03	-0,06	+0,69	+0,0	+0,63	+0,03	-0,03	-0,03	-0,25	-0,25		
-1,02	-0,92	+0,43	+0,33	+0,01	+0,01	+0,07	+0,01	-0,09	-0,16		
-0,53	-0,48	+0,30	+0,24	+0,78	+0,51	-0,28	-0,02	-0,11	+0,11		
-0,72	-0,68	+0,37	+0,31	+0,56	+0,37	-0,27	-0,03	-0,41	-0,29		
-0,45	-0,44	+0,41	+0,39	+0,62	+0,43	-0,41	-0,29	-0,15	-0,06		
-0,44	-0,43	+0,34	+0,33	+0,60	+0,51	+0,34	+0,34	-0,07	+0,03		
-0,36	-0,35	+0,34	+0,34	+0,66	+0,50	-0,35	-0,14	-0,08	+0,03		
-1,11	-1,05	+0,38	+0,33	+0,85	+0,67	-0,51	-0,29	-0,15	-0,04		
-0,59	+0,55	+0,39	+0,33	+0,55	+0,35	-0,22	+0,14	-0,14	+0,14		
поток											
-3,7	-3,5	+0,4	+0,2	+7,1	+6,2	-3,4	-3,3	+1,3	+1,2	+1,5	+1,4
-3,2	-2,7	+0,7	+0,1	+1,8	+1,2	-3,4	-3,3	+0,8	+0,4	+0,4	+0,0
+1,1	+0,4	-1,0	-0,2	+8,7	+8,1	-0,4	-0,1	+0,0	+0,9	+0,3	-0,7
-2,7	-2,4	-0,6	-0,3	-1,7	-1,5	-0,7	-0,7	+0,4	-0,4	+0,0	+0,7
-0,4	-0,3	-1,1	-1,0	+1,4	+0,9	-1,6	-0,6	+1,3	+0,5	+0,7	-0,1
-3,4	-3,2	+0,2	-0,1	+5,0	+4,5	+0,4	+0,3	+1,0	+0,8	+0,1	-0,1
-5,9	-5,8	-1,2	-1,0	+1,7	+1,5	-3,5	-3,4	+0,5	+0,1	+0,8	+0,5
-8,8	-8,7	-1,0	-0,9	+2,5	+2,0	-2,0	-1,9	+0,8	+0,8	+1,2	+1,1
-6,5	-6,2	-0,5	-0,2	-0,3	-0,1	-1,7	-1,4	+1,5	+1,4	+1,5	+1,4
-8,2	-7,8	-2,5	-2,2	+3,6	+2,9	-2,3	-2,2	-0,1	-0,4	+0,3	-0,1
-4,2	+4,1	-0,7	+0,6	+3,0	+2,9	-1,9	+1,7	+0,8	+0,7	+0,7	+0,6

Обозначения ламп	Всесоюзный научно-исследовательский институт метрологии				I 1933 г.	II 1933 г.	III 1933 г.	IV 1934 г.	V 1935 г.	VI 1937 г.		
	1932 г. (июнь)	1934 г. (май)	1935 г. (декабрь)	1937 г. (июнь)						Аппе- ри	Изме- рения глазом	Измерения фотоэлем. аппаратами
Число наблюдателей	2	3	4	4	5	2	2	3	2	4		
Число фотометрических отсчетов на лампу	20	30	40	40	25	40	16—19		10	28		
Освещенность на испытательной пластинке фотометра в люксах		28—30										
Число рабочих эталонных ламп, примененных при работе	5	5	5	5	4	3	3	4	3	5		
Точность световых измерений одной лампы, по данным самих лабораторий в %		± 0,4			± 1,5	1,0—1,5	0,3—1,8			0,6—1,1		
Электронизмерительные приборы	Потенциометры				Магнито-электрические	Электромагнитные Вестона	Потенциометры	Магнито-электрические	Магнито-электрические	Потенциометры (2)		
Продолжительность горения одной лампы во время измерений, в мин.	от 7 до 10	от 10 до 14	от 9 до 12	от 9 до 12	от 20 до 25	от 10 до 15	от 8 до 31					
Тип фотометра	Светомерная скамья				Трубочный фотометр по Веберу	Трубочный фотометр по Веберу	Светомерная скамья	Трубочный фотометр по Веберу	Универсальный фотометр Шмидта и Генша.	Трубочный фотометр по Веберу		

Примечание. Отклонения в измерениях ВНИИМ даны от среднего значения предшествующих и последующих измерений ВНИИМ; отклонения же от

чения измерений за все годы, а в измерениях других лабораторий — от среднего предельных — по сравнению со всеми предшествующими измерениями ВНИИМ.

Выводы из результатов измерений можно сделать такие:

1. Для двух лабораторий согласованность в измерениях светового потока в среднем для всех ламп надо считать вполне удовлетворительной: она лежит в пределах $\pm 1\%$. Две другие лаборатории дали отклонения в 2% , что является пределом для практики. Остальные две лаборатории показали отклонения в $3,4\%$ и даже $4,4\%$, что, конечно, уже трудно считать допустимым.

2. Приблизительно то же самое может быть сказано и о результатах измерений каждой лампы в отдельности, судя по отклонениям результатов измерений от ближайшего предельного значения для одной и той же лампы, полученного в Фотометрической лаборатории ВНИИМ. Эти отклонения, свидетельствуя о внутрилабораторной точности, позволяют сделать вывод, что измерения светового потока в большинстве лабораторий следует улучшить.

3. Результаты измерений силы тока показывают, что в двух лабораториях измерения силы тока производятся с большой точностью, в трех лабораториях — удовлетворительно и в одной лаборатории точность измерения силы тока нуждается в улучшении.

4. Результаты измерения светового потока с помощью фотоэлементов показывают, что согласованность в измерениях в среднем для всех ламп надо считать вполне удовлетворительной и равноценной с измерениями помощью глаза. То же самое может быть сказано и о результатах измерений каждой лампы в отдельности, судя по отклонениям результатов измерений от ближайшего предельного значения для одной и той же лампы, полученного в Фотометрической лаборатории ВНИИМ. Впрочем, не были получены сведения, как именно, применялись фотоэлементы (например, не указано, применялись ли они только для относительных сравнений ламп или же ими измерялись и светоизмерительные лампы).

5. Обстановка измерений показывает, что все лаборатории отнеслись к ним с большой тщательностью и поэтому результаты, в общем, едва ли можно считать случайными.

В Фотометрической лаборатории ВНИИМ в работе принимали участие, кроме автора, гг: Н. И. Пестова, П. С. Васильев, В. Е. Карташевская, М. П. Король, К. Ю. Лукинская и др.

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЛЕНОВОЙ ФОТОБАТАРЕЙКИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ

В. Е. КАРТАШЕВСКАЯ

Основные сведения об исследовании селеновой фотобатарейки уже опубликованы автором в журнале „Светотехника“ (1938 г., № 1 и № 2). Ниже приводятся дополнительные сведения, не вошедшие в первоначальное сообщение. Они носят несколько разрозненный характер, что вызвано необходимостью устранить повторения.

Как указывалось ранее, идея и первое осуществление селеновой фотобатарейки принадлежат инж. Ю. П. Маслаковцу и Б. Т. Коломийцу. Их же конструкция использована при изготовлении настоящей фотобатарейки.

I. О конструкции и изготовлении фотобатарейки. 32 элемента батарейки расположены в два ряда. Изолирующей прослойкой между одноименными положительными полюсами фотоэлемен-

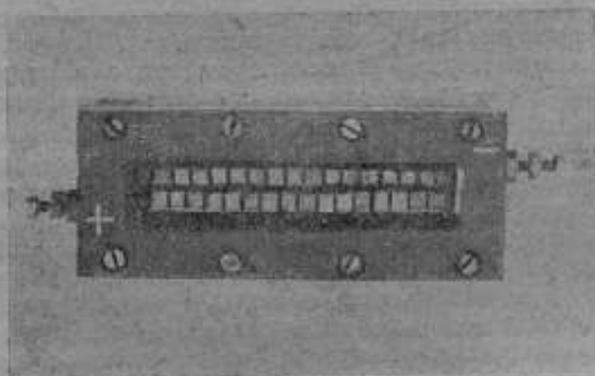


Рис. 1.

тов служит полотно „эксцельсиор“. Наклеенная на него с одной стороны станиоль осуществляет последовательное соединение элементов.

Контакт в осевом направлении достигается сжатием элементов помощью боковых винтов, служащих одновременно и выводными зажимами.

Надежность верхних контактов между станиолью и золотым слоем обеспечивается крышкой оправки. Для более плотного прижимания под крышку подложены узкие ленточки резины. Оправка сделана из эбонита. На торцах ее прикреплены латунные планки, в которых находится основная часть резьбы контактных винтов. Общий размер рабочей поверхности $3,2 \text{ см}^2$, размеры батарейки в оправке — $2,7 \times 6,8 \text{ см}$.

Составляющие фотобатарейку элементы изготовлены в Ленинградском электротехническом институте в группе инж. Б. Т. Колонийца при использовании его метода изготовления. Железные пластинки, размерами $7 \times 3 \times 4 \text{ мм}$ были отшлифованы (на наждаке с водой) до матовой поверхности с той стороны, которая предназначалась для покрытия селеном, с целью его лучшего прилипания. Хороший контакт железа с селеном, необходимый для уменьшения вредного сопротивления фотоэлемента, создается, таким образом, их чисто механической связью.

Следующая операция — возгонка селена — производилась под колоколом при вакууме порядка 10^{-4} мм Hg . Элементы подвешивались над чашечкой с возгоняемым селеном на расстоянии около $8-10 \text{ см}$ с помощью магнита. После нанесения слоя селена порядка $0,1-0,2 \text{ мм}$ элементы подвергались температурной обработке. Помещенные непосредственно из-под колокола в печь, нагретую до температуры порядка 160° C , они подвергались в ней постепенному прогреву, заканчивавшемуся выдержкой при 210° C в течение около одного часа. Результатом этой обработки является переход селена в светочувствительную кристаллическую модификацию.

Последняя операция — нанесение золотого электрода катодным распылением — производилась под колоколом, после предварительной откачки до 10^{-4} мм Hg , в присутствии аргона при давлении порядка $0,1 \text{ мм Hg}$. Благодаря малым размерам элементов невозможно было применять какие-либо охранные приспособления, препятствующие попаданию золота на края элемента и предохраняющие его от короткого замыкания. Приходилось поэтому уже по окончании процесса проверять каждый элемент в отдельности и механически очищать края от золотого налета.

Из всех фотоэлементов, изготовленных с двойным запасом против нужного числа, отбирались наилучшие по электродвижущей силе (эдс) и чувствительности, что проверялось при освещении от обычной 100 W лампы промышленного типа, находившейся от фотоэлементов на расстоянии порядка одного метра. При этом эдс фотоэлементов была не ниже 100 mV .

Применение станиолевых контактов, легко нарушающихся, особенно вследствие того, что они работают в согнутом положении, а станиоль легко трескается и рвется на сгибе, значительно затруднило сборку фотобатарейки. Нарушение одного контакта вызывает необходимость сборки заново, если не всей батарейки, то во всяком случае одного из ее рядов. Возможно

также и неполное нарушение контакта, которое, не выведя прибор целиком из строя, ухудшит и исказит условия его работы за счет добавочного сопротивления. Наконец, прижатие верхних контактов крышкой оправки должно быть возможно более сильным, так как в противном случае при покрытии фотозлемента защитным лаком последний может подтечь под контакты и тем разорвать цепь тока.

Недостатком конструкции в другом отношении является также то, что она дает возможность соединения лишь двух рядов фотозлементов.

Помимо выполненного образца фотобатарейки были предложены, но не осуществлены две другие конструкции. Первая

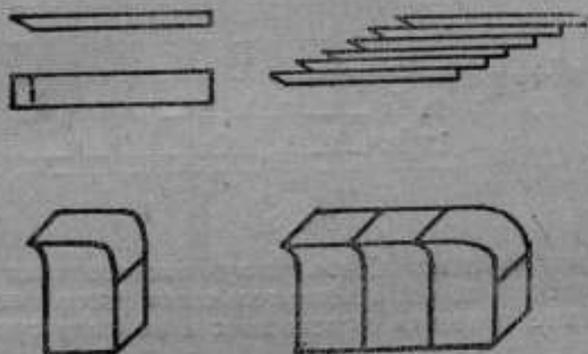


Рис. 2.

предусматривает последовательное соединение пластинчатых элементов через непосредственное наложение их друг на друга в виде лестницы, как показано на рис. 2 вверху. Это дает известные преимущества в отношении простоты сборки. Из-за своеобразного вида рабочей поверхности, применение батарейки на практике в отдельных случаях может встретить затруднения.

Вторая конструкция требует особой формы элементов, как показано на рис. 2 внизу. Преимущество ее — опять-таки в непосредственном соединении элементов и большей надежности контактов. Кроме того, рабочая поверхность представляет собой одну плоскость. Основное препятствие заключается здесь в осуществлении самих фотозлементов, вследствие затруднительности нанесения равномерных слоев селена и золота на неплоские поверхности.

2. Об исследовании фотобатарейки и фотозлемента. Испытание фотобатарейки, а для сравнения с ней и отдельного обычного фотозлемента (площадью 40 см^2) производилось на светомерной скамье с пустотной лампой типа № 5, конструкции ВНИИМ (ОСТ 8273) на 100 с.

Цветовая температура лампы — порядка 2400° К.

Предварительно лампа была просвечена в поле трансформатора Тесла и отожжена в течение 50 часов с 5% перекала. Сила света ее, вначале условно принятая равной 100 с, была впоследствии в ходе работы определена более точно сличением

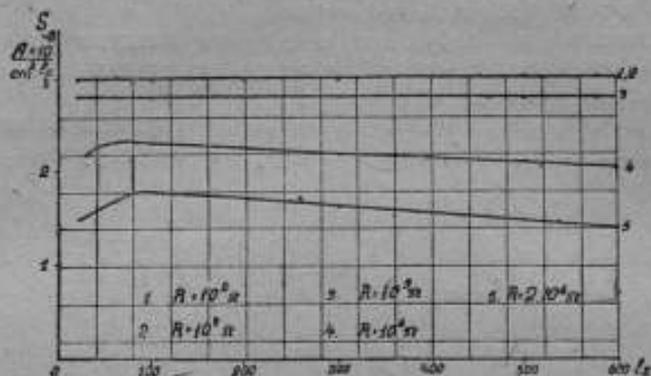


Рис. 3.

с эталонными лампами. Соответствующие поправки были введены при подсчете общей чувствительности фотоземленов. Там где абсолютные значения освещенности не были существенны,

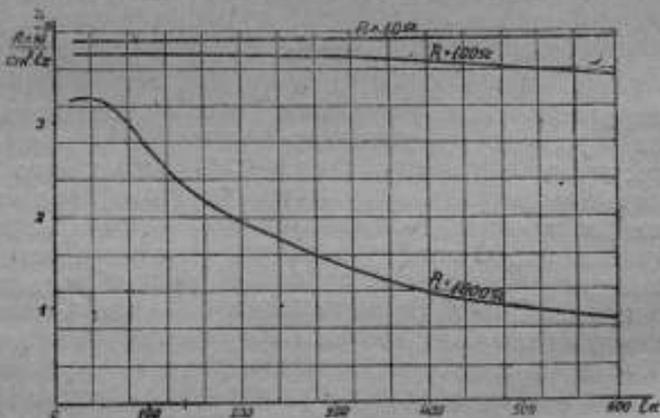


Рис. 4.

это изменение (порядка 5%) не учитывалось. Вследствие неточного соблюдения закона квадратов расстояний для источника конечных размеров в значения освещенности вводилась соответствующая поправка.

Электрические измерения производились компенсационным способом на двух потенциометрах. Один служил для поддержа-

ния постоянного напряжения у лампы сравнения; с помощью второго измерялись эдс и ток фотоэлементов.

Влияние сопротивления внешней цепи на ход кривых, показывающих зависимость чувствительности ($S; \frac{A \cdot 10^{-8}}{cm^2 \cdot lx}$) от освещенности, как для батарейки, так и для фотоэлемента (рассмотренное в предыдущей статье) можно видеть из рис. 3 и 4.

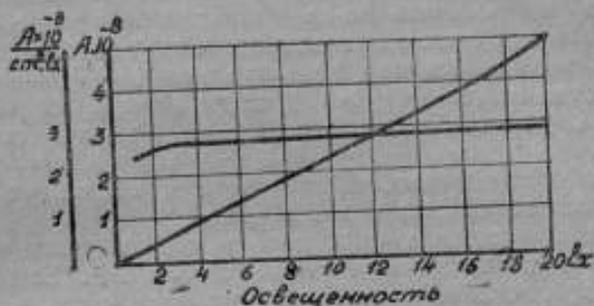


Рис. 5.

Следует еще заметить, что у батарейки и у фотоэлемента, в условиях короткого замыкания, имеется некоторое систематическое отклонение характеристической кривой для тока от прямой

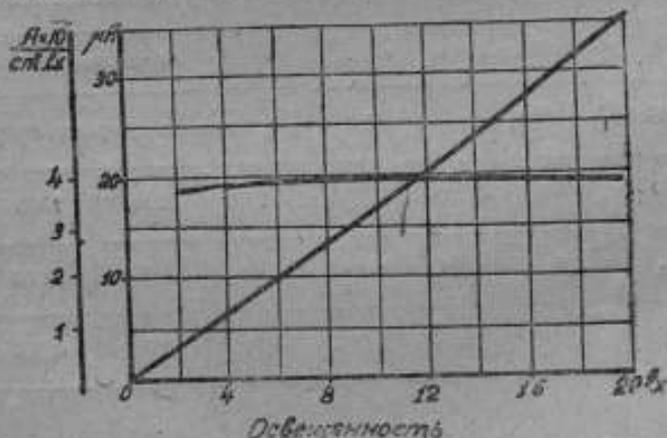


Рис. 6.

линии в сторону увеличения тока при освещенностях выше 200 lx. Отклонение это составляет около 2% при переходе от 200 к 600 lx. Возможно, впрочем, что до известной степени здесь могла сказаться меньшая точность определения освещенности в этих пределах.

В пределах малых освещенностей (рис. 5 и 6) замечается довольно резкое отклонение от прямолинейной зависимости, достигающее 3,8% у батарейки с переходом от 2 к 20 Лх.

В настоящей работе особо не исследовалось, является ли это отклонение нормальным по существу дела, или здесь накладывается какая-либо систематическая ошибка измерений.

Некоторая общая для всех измерений погрешность могла, как кажется, простекать из-за близости электрических цепей фотобатарейки или фотоэлемента и источника света (его электрическая цепь находилась под напряжением 115 В) и некоторого несовершенства изоляции. Это, вообще говоря, сильнее могло сказаться в случае работы батарейки на большие сопротивления.

Данное обстоятельство, может быть, и сказывается на особенном характере кривых 4 и 5 рис. 3.

При малых освещенностях могла играть роль и меньшая относительная точность измерений фототоков. Эта точность, вообще говоря, сильно колеблется в зависимости от пределов освещенности (табл. 1).

Таблица 1

Относительная погрешность электрических измерений, в процентах

Освещенность в люксах	Фотобатарейка				Фотоэлемент			
	Внешнее сопротивление Ω				Внешнее сопротивление Ω			
	100	1000	100 000	∞ (эдс)	10	100	1000	∞ (эдс)
20	2,2	0,2	0,03	0,04	0,03	0,003	0,004	0,008
600	0,08	0,006	0,0009	0,005	0,001	0,001	0,005	0,004

Влияние пределов освещенности на относительную точность измерений особенно сильно, как видно из табл. 1, при использовании фотобатарейки. Причина этого — малая абсолютная величина получаемых от нее токов.

3. Влияние внешнего напряжения на ток и сопротивление фотобатарейки. Влияние внешнего напряжения и освещенности на запорное и пропускное сопротивления фотобатарейки показано в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Сопротивление запирающего слоя (r_2), батарейки в зависимости от приложенного напряжения и освещенности (I — ток)

Приложенное напряжение, V	$E = 0$		$E = 20 \text{ lx}$		$E = 50 \text{ lx}$		$E = 100 \text{ lx}$		$E = 300 \text{ lx}$		$E = 600 \text{ lx}$	
	i	r_2										
	$\text{A} \cdot 10^{-8}$	MΩ										
0	0		4,23	5,14	11,67	4,19	24,00	3,43	75,25	2,25	156,66	1,28
0,5	5,82	8,59	15,32	4,52	21,75	4,96	36,24	4,09	90,00	3,39	175,26	2,69
1,0	11,30	8,85	20,59	6,08	30,76	5,24	45,27	4,70	103,04	3,60	190,70	2,94
1,5	16,47	9,11	27,26	6,51	37,39	5,84	53,95	5,01	114,03	3,86	205,18	3,18
2,0	21,20	9,44	33,67	6,80	45,48	5,92	61,00	5,40	123,29	4,16	217,37	3,30
3,0	31,05	9,67	46,69	7,07	59,97	6,21	76,98	5,66	142,80	4,44	242,30	3,51
4,0	41,00	9,76	59,98	7,18	74,41	6,38	92,58	5,83	161,46	4,64	267,04	3,62
5,0	51,39	9,74	75,22	7,04	90,22	6,37	111,98	5,69	187,74	4,44	291,04	3,70
6,0	62,14	9,66	91,16	6,91	107,23	6,28	130,82	5,62	210,90	4,48	313,32	3,83
7,0	73,75	9,50	107,29	6,80	124,34	6,21	151,18	5,50	232,05	4,46	345,00	3,72
7,6	80,77	9,41	117,35	6,72	135,19	6,16	164,43	5,42	245,46	4,45	361,98	3,70

Таблица 3

Пропускное сопротивление (R) батарейки в зависимости от приложенного напряжения и освещенности (I — ток)

Приложенное напряжение, V	$E = 0$		$E = 20 \text{ lx}$		$E = 50 \text{ lx}$		$E = 100 \text{ lx}$		$E = 300 \text{ lx}$		$E = 600 \text{ lx}$	
	i	$R_{\text{проп}}$										
	$\text{A} \cdot 10^{-8}$	MΩ										
0,5	7,62	6,56	7,85	4,11	2,42	3,55	—	—	—	—	—	—
1,0	17,01	5,88	20,25	4,09	16,31	3,58	6,61	3,25	—	—	—	—
1,5	28,50	5,25	36,16	3,71	34,00	3,28	26,28	2,98	—	—	—	—
2,0	40,00	5,00	52,36	3,53	54,06	3,04	47,09	2,81	22,78	2,04	—	—
3,0	75,30	3,98	101,76	2,83	108,25	2,50	106,43	2,30	99,78	1,71	48,78	1,460
4,0	121,64	3,29	164,78	2,36	178,00	2,11	187,00	1,90	194,47	1,48	170,18	1,224
5,0	185,17	2,70	253,29	1,99	274,31	1,75	295,04	1,57	321,10	1,26	317,74	1,063
6,0	268,04	2,23	369,02	1,61	400,03	1,46	433,56	1,31	481,76	1,08	498,99	0,915
7,0	368,20	1,90	511,80	1,31	545,05	1,26	597,96	1,13	655,00	0,959	703,18	0,814
7,6	438,20	1,74	612,00	1,23	651,10	1,15	720,30	1,02	784,00	0,885	806,28	0,789

Следует обратить внимание на большое значение пропускного сопротивления батарейки. Другими словами, она имеет сравнительно низкий коэффициент выпрямления (рис. 7; V — внешнее напряжение). Действительно, максимальное значение его равно 5, тогда как для фотозлемента оно достигает 200. Изменения его освещенностью незначительные, что указывает на одинаковый характер изменения сопротивлений при перемене направления электрического тока.

4. О работе фотобатарейки в усилительной схеме. Первоначально в усилительной схеме опробовалась лампа УБ—110. Расчетное значение усиления для нее 1200 (при нормальной крутизне лампы $1,2 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$). Однако, если учесть изменение крутизны при включении сопротивления в анодную цепь (в схеме

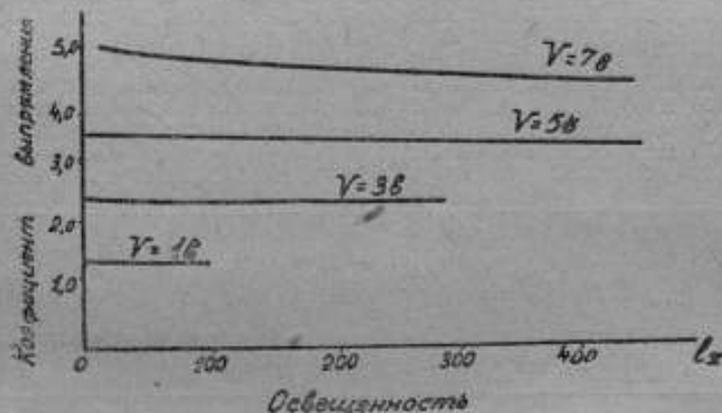


Рис. 7.

применялась компенсация темнового тока, и компенсационное сопротивление было порядка 650Ω), то возможное наибольшее усиление снизится до 1160. Практически полученные значения не превышают 1000. Дальнейшие потери следует отнести, видимо, за счет токов утечки. Возможно, что результаты были бы улучшены при расколеванной лампе.

На рис. 8 даны зависимости прироста анодного тока ΔI_a , чувствительности схемы S и усиления K от освещенности E .

Компенсация темнового тока производилась при каждом измерении. Как видно из рис. 8, усиление сохраняется практически постоянным на протяжении почти всей кривой, несколько падая только на больших освещенностях (500—600 I_x). Это последнее спадение объясняется, видимо, недостаточным удачным выбором начальной рабочей точки (сеточное смещение — 1,4 V) и заходом в конце характеристики в положитель-

ную область сеточных напряжений. Значительный загиб характеристической кривой Δi_a и уменьшение чувствительности схемы S лишь на последних точках обусловлены частично спаданием коэффициента усиления схемы. В основном они вызваны отклонением от прямолинейности тока фотобатарейки при сопротивлении нагрузки в $1 \text{ M}\Omega$ (на это сопротивление была замкнута батарейка в усилительной схеме).

Главным недостатком работы с лампой УБ—110 явилась значительная неустойчивость схемы, обнаружившаяся прежде всего в колебаниях, во-первых, компенсирующего сопротивления, достигающих 1,7% от измерения к измерению и 4% за ряд

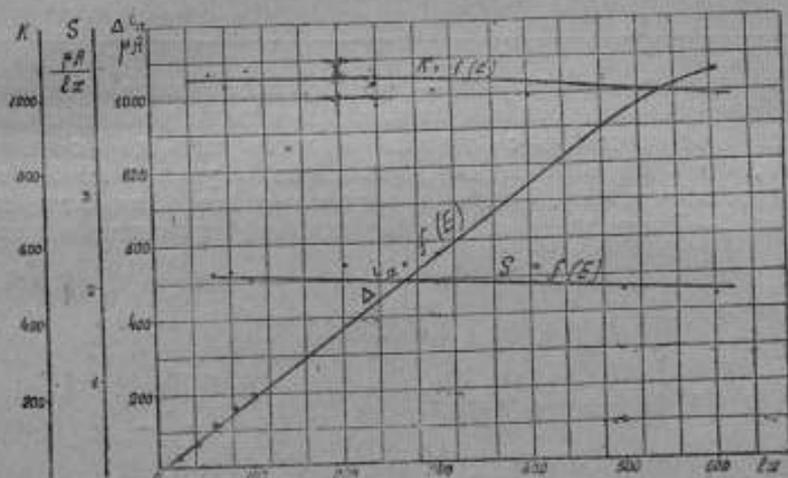


Рис. 8.

измерений, и, во-вторых, также и прироста анодного тока при данной постоянной освещенности.

Измерения, непосредственно следовавшие друг за другом, давали расхождение в токе до $\pm 5\%$. Замена лампы УБ—110 лампой П—7 с вольфрамовым катодом, обеспечивающим наибольшее возможное постоянство эмиссии, несколько улучшила результаты. Неустойчивость схемы во времени снизилась больше, чем вдвое. Результаты измерений постоянства усилительной схемы приведены в табл. 4. Однако и здесь замечаются незакономерные колебания порядка $\pm 2,5\%$. Их невозможно отнести за счет утомления самого фотоэлемента, поскольку эта последняя зависимость, определенная раньше, имеет правильный ход в сторону уменьшения. Возможно, что некоторую роль играли небольшие колебания напряжений — анодного, сеточного и накала.

Таблица 4

$E = 20 \text{ lx}$

Время в минутах	Приращение падения напряжения на компен- сационном сопроти- влении, в вольтах	Компенсационное сопротивление R_k , в омах	Приращение анодного тока Δi_a , в микро- амперах
0	0,04567	1130,8	40,50
5	0,04620	1130,9	40,86
10	0,04581	1131,9	40,45
12	0,04670	1132,9	41,28
28	0,04641	1134,5	41,10
35	0,04831	1136,7	42,49
50	0,04569	1122,2	40,71

С переходом на лампу П—7 ухудшились условия усиления вследствие малой крутизны лампы. Улучшение усиления было возможно осуществить с помощью второго каскада усиления, но это, по всей вероятности, значительно увеличило бы неустойчивость схемы. Поэтому в одном каскаде были включены 4 лампы П—7 параллельно, что равносильно применению одной

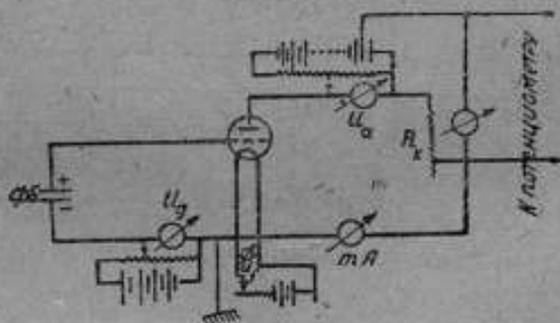


Рис. 9.

лампы с учетверенной крутизной. В результате было получено усиление в 1100 раз (в среднем) и вышеприведенные данные (табл. 4) по устойчивости.

Перед измерениями была снята зависимость крутизвы анодного тока от сеточного напряжения для 4 ламп и выбрана нижняя рабочая точка (сеточное смещение — 3,8 V). Все лампы были проверены на сеточный ток при сеточном напряжении — 2 V и анодном напряжении 80 V. В этих условиях сеточный ток не превышает ни для одной из ламп $2 \cdot 10^{-7}$ A.

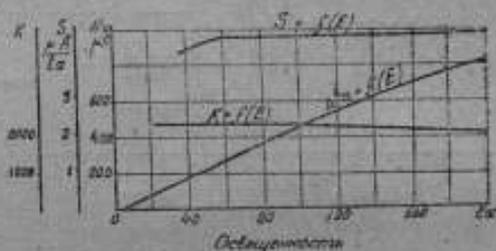
Усиление при 4 лампах сохранялось постоянным с точностью до $\pm 0,8\%$ при изменениях освещенности от 20 до 500 lx. Наблюдавшееся некоторое (порядка 9% в пределах освещенностей

от 60 до 500 Lx) отклонение кривой прироста анодного тока от прямолинейной зависимости определяется прежде всего свойствами самой фотобатарейки и лежит в пределах, обусловленных работой фотобатарейки в усилительной схеме на внешнее сопротивление в $1\text{ M}\Omega$ (загиб характеристической кривой при сопротивлении нагрузки в $1\text{ M}\Omega$ для вышеуказанных пределов освещенностей составляет 8,5%).

Усиление фототоков производилось и по другой схеме (рис 9). Она отличается от предыдущей тем, что сеточное сопротивление в ней отсутствует. Вторая схема, как и первая, была испытана с лампой УБ—110 первоначально и, затем, с 4 лампами П—7. Усиление (определяемое условно, как отношение приращения анодного тока к току одной фотобатарейки, замкнутой на сопротивление в $1\text{ M}\Omega$) в обоих случаях превышало результаты соответствующих измерений в первой схеме, составляя для УБ—110 около 1500 и для П—7 около 2300 раз.

Но устойчивость схемы была меньшая, и компенсация достигалась с большим трудом. Возможно, что здесь имело значение сопротивление батарейки, меняющееся в широких пределах с переходом от темноты к освещению. При этом могла передвигаться выбранная рабочая точка сеточного смещения. Кроме того, в некоторой степени, — при широких пределах изменения освещенности — могут меняться условия утечки фототока, относительное влияние которой увеличивается при малых освещенностях, когда внутреннее сопротивление батарейки наибольшее. Результаты опробования второй усилительной схемы приводятся на рис. 10.

Загиб характеристической кривой $\Delta i_a = f(E)$ получается все же меньшим, чем это следует из зависимости эдс от освещенности (возможно, сказывается то, что батарейка все же включена здесь на некоторое конечное сопротивление — сеточную изоляцию), но большим, чем в случае сопротивления нагрузки, равного $1\text{ M}\Omega$. Так для эдс имеется отклонение от прямолинейного хода при изменении освещенности от 100 до 200 Lx — около 21%; для фототока при внешнем сопротивлении в $1\text{ M}\Omega$ — без усиления — около 2,9%, в усилительной схеме — порядка 10%. Спадание усиления K к большим освещенностям (достигающее, примерно, 10%), видимо, и объясняется разным ходом зависимостей фототока от освещенности в различных условиях работы фотобатарейки: расчет усиления производился по отношению к току при внешнем сопротивлении $1\text{ M}\Omega$, в действительности же последнее было иным.



5. Пример применения фотобатарейки в качестве измерительного прибора (заменяющего глаз). Батарейка, установленная на светомерной скамье, освещалась поочередно 3 эталонными лампами (пустотными), сила света которых была определена ранее путем обычного фотометрирования помощью глаза. Целью измерений было сравнение даваемых глазом и фотобатарейкой соотношений для сил света ламп. Последняя употреблялась в усилительной схеме (с применением сопротивления в цепи сетки) и без усиления; в последнем случае сопротивление нагрузки равнялось 1000 Ω .

Результаты измерений приведены в табл. 5.

Таблица 5

Обозначения ламп	Сила света ламп, в относительных единицах		
	Измерения глазом	Измерения с помощью фотобатарейки	
		$R = 1000 \Omega$	в усилительной схеме
П-3-3	0,997	0,993	0,975
П-3-4	1,008	1,008	0,982
П-3-5	1,000	1,000	1,000

Измерения производились при освещенности порядка 50 лк. Как видно из таблицы, непосредственно примененная батарейка дает вполне удовлетворительные результаты, что и следовало предполагать. Отклонения в случае применения усилительной схемы достигают почти 2,5%; они вызваны неустойчивостью схемы и лежат в пределах, ранее определенных, как колебания схемы с течением времени.

Фотоэлемент в качестве измерительного прибора, вообще говоря, может быть использован различно. Простейшим случаем будет непосредственное применение заранее выполненной предварительной градуировки. Однако, такое употребление может ввести дополнительные погрешности за счет вполне возможного изменения показаний фотоэлемента (старение, температурные условия, предшествующая работа и т. д.). Селеновый фотоэлемент не обладает таким постоянством градуировки во времени, как многие иные измерительные приборы или даже, как некоторые другие виды фотоэлементов. Нет для него и возможности легкого учета различных внешних влияний. Это следует учитывать при точных измерениях; лучше использовать фотоэлемент не как измерительный прибор непосредственного действия. Именно, способ измерений сводится к сравнению че-

рез фотозлемент эталонного и исследуемого источников света. При употреблении одного фотозлемента измерение сведется к поочередному освещению его от обеих ламп. Дальнейший порядок действий может быть двояким.

1. Фотозлемент закреплен неподвижно. Значения токов при освещенностях E_1 и E_2 от 1-й (эталонной) и 2-й (исследуемой) ламп соответственно равны i_1 и i_2 .

$$\text{Тогда: } \frac{E_1}{E_2} = \frac{i_1}{i_2} = \frac{I_1}{I_2}.$$

Здесь I_1 — сила света эталонной лампы, а I_2 — сила света измеряемой лампы.

$$\text{Следовательно: } I_2 = I_1 \cdot \frac{i_2}{i_1}.$$

2. На произвольном расстоянии r_1 фотозлемента от эталонной лампы сила его тока — i_1 . После включения второй лампы фотозлемент передвигается на такое расстояние r_2 , где фототок примет прежнее значение.

Тогда:

$$E_1 = E_2$$
$$\text{и } I_2 = I_1 \cdot \frac{r_2^2}{r_1^2}.$$

Этот способ имеет то преимущество, что фотозлемент работает при одной освещенности, значение которой может быть подобрано так, что утомление его наименьшее; кроме того, здесь устраняется ошибка из-за возможного отклонения характеристики фотозлемента от прямолинейной зависимости.

Приведенные соображения о сравнительном непостоянстве градуировки фотозлемента особенно следует учитывать в работе с усилительной схемой в силу ее собственной неустойчивости.

НЕКОТОРЫЕ СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛЫ СВЕТА

К. И. НЕСМАЧНЫЙ

1. Фотометрическая лаборатория провела в 1937 г. сравнительные измерения распределения силы света с помощью глаза и фотоэлементов для определения степени совпадения результатов обоих измерений и выявления точности их.

Для измерений был использован светильник „Универсаль“ с полуматовым затенителем и с лампой промышленного типа, номинальной мощностью 200 W и напряжением 127 V. Лампа в светильнике устанавливалась так, чтобы защитный угол равнялся 14° .

Для измерения распределения силы света с помощью фотоэлемента была использована поворотная распределительная подставка системы фотометрической лаборатории,¹ предназначенная для измерения распределения силы света прожекторов, зеркальных светильников и мощных источников света с помощью светозмерительных приборов и фотоэлементов, устанавливаемых на разных расстояниях.

Поворотная распределительная подставка (рис. 1) имеет две стойки, расположенные на горизонтальной раме. В верхней части стоек имеются подшипники, в которые входят полые цапфы поворотной рамы распределительной подставки. В каждом подшипнике установлены наводные приспособления. Они имеют две пары перекрещивающихся взаимно перпендикулярных нитей, по которым определяется положение горизонтальной оси вращения поворотной рамы. В середине нижней стороны поворотной рамы проходит вал — опора стола, на котором устанавливаются измеряемые источники света или светильники. Этот вертикальный вал снабжен маховиком, с помощью которого он может поворачиваться вокруг своей оси. Углы поворота вала отсчитываются с помощью указателя по большому лимбу, укрепленному на валу. Деления в градусах нанесены на боковой поверхности цилиндрического лимба, а кроме того и на нижней

¹ Система прибора разработана П. М. Тиходеевым. Изготовлен прибор заводом „Эталон“, разработавшим конструкцию. Последняя имела некоторые недостатки, устраняемые во вновь выпускаемой распределительной подставке.

его поверхности (последнее значительно упрощает производство отсчетов при наклонном положении опоры стола).

Верхний конец опоры стола связан с горизонтальной поперечиной, которую можно поднимать или опускать посредством



Рис. 1.

отдельных винтовых передач, приводимых в движение с помощью маховика, в результате чего происходит подъем или опускание вала со столом. Кроме указанного подъема или опускания стола, последний может также несколько подниматься или опускаться

за счет вращения винтовой втулки с рукоятками, концентрически охватывающей опору стола.

Вращение стола вместе с рамой вокруг горизонтальной оси производится непосредственно рукой. Угол поворота вокруг горизонтальной оси отсчитывается по лимбу на цапфе рамы и указателю на стойке.

Так как наклонное положение рамы при вращении ее вокруг горизонтальной оси сохраняется лишь за счет силы трения цапф в подшипниках, в распределительной подставке предусмотрено уравнивание веса стола и установленного светильника с помощью противовесов на боковых сторонах рамы. Необходимое для уравнивания перемещение противовесов достигается с помощью винтовых передач одновременно и одинаково по двум боковым сторонам рамы.

Закрепление на столе осветительных приборов, имеющих нижнее основание (например, прожекторов) может производиться с помощью имеющихся на столе специальных зажимов. Установка ламп и обычных светильников производится с помощью несложных добавочных приспособлений.

Для правильной, точной и быстрой установки светоизмерительного прибора в лаборатории предварительно была размечена с помощью специальных отметок на полу через каждые 5 м — проекция светомерной оси, с которой во время измерения должны совмещаться проекция центра поворотного стола и проекция центра воспринимающей свет поверхности светоизмерительного прибора.

Для измерения распределения силы света светильник „Универсаль“ устанавливался на столе подставки так, чтобы его ось была горизонтальна и при нулевом отсчете по нижнему лимбу совпадала с светомерной осью установки, а проекция светового центра лампы — с центром стола подставки. Для измерения был использован селеновый фотоэлемент с площадью около 40 см². Фотоэлемент был предварительно исследован в отношении его чувствительности, зависимости силы тока от освещенности и т. д. Фотоэлемент устанавливался в специальном держателе на расстоянии 4,55 м от светового центра лампы измеряемого светильника и притом на высоте, равной высоте светового центра лампы. Для устранения попадания на фотоэлемент постороннего света устанавливалось надлежащее затемнение из черного бархата. Светильник также закрывался с тыловой и боковых сторон черным бархатом. При измерении лампа питалась от аккумуляторной батареи. Напряжение лампы поддерживалось постоянным (с точностью до 0,01%) и равным 109 В. Измерение напряжения производилось с помощью потенциометра системы Брукса. Фотоэлемент был включен на два нормальных сопротивления по 10 Ω; падение напряжения на этих сопротивлениях измерялось потенциометром Гартмана и Брауна, на основании чего вычислялась сила тока в фотоэлементе.

Измерение силы света производилось в обе стороны от оси симметрии светильника.

Измерения распределения силы света светильника с помощью глаза были выполнены на двухзеркальном распределительном фотометре Шмидта и Генша с укороченной светомерной скамьей ВНИИМ. Удаление светового центра источника света от испытательной пластинки светомерной головки равнялось 4,5 м. Световые измерения производились (двумя наблюдателями) через каждые 5° в обе стороны от оси светильника, в той же плоскости, что и при измерениях фотоэлементом.

В табл. 1 приведены результаты измерений, причем дана средняя сила света из двух направлений под одним и тем же углом к оси и значения погрешности измерений с помощью фотоэлемента по отношению измерений с помощью глаза. Средняя погрешность оказалась равной $\pm 1\%$, не учитывая значения погрешности при измерении силы света под углом в 65° и 70°, а при учете ее — средняя погрешность равна $\pm 2,3\%$.

Таблица 1

Угол, в граду- сах	Сила света, измеренная с помощью		Погрешность измерений с по- мощью фотоэле- мента, в %
	глаза	фотоэле- мента	
0	626	618	- 1,4
5	624	614	- 1,6
10	626	626	+ 0
15	618	618	+ 0
20	588	593	+ 1
25	554	576	+ 4
30	521	525	+ 0,9
35	468	468	+ 0
40	426	424	- 0,4
45	365	361	- 1,2
50	331	330	- 0,3
55	304	299	- 1,6
60	267	266	- 0,4
65	262	235	(- 10,3)
70	337	295	(- 12,1)
Средняя . .			± 1 (или $\pm 2,3$)

Обстановка работы и использованные приборы в обоих спосо-
бах измерений обеспечивали наиболее точные результаты. В связи
с этим следует считать, что наименьшая возможная погрешность
световых измерений с помощью фотоэлемента позволяет исполь-
зовать их в области технических световых измерений при
определении результатов измерений в относительных единицах.

Световые измерения в световых единицах непосредственно, могут дать достаточную точность при измерениях с помощью фотоэлементов только при условии использования световых эталонов с температурой накала нити, близко подходящей к температуре накала испытуемой лампы, или при использовании со стороны фотоэлемента фильтра с над спектральным пропусканием, близким к относительной видности человеческого глаза.

2. Вторая часть работы заключалась в измерении распределения силы света зеркального светильника Цейсса с помощью селенового фотоэлемента.

Задачей этой части работы являлось выяснение практической возможности использования фотоэлементов для измерения тех небольших освещенностей, с которыми приходится иметь дело при световых измерениях на значительных расстояниях от измеряемых светильников, а также — точное определение распределения силы света зеркального светильника. До настоящего времени подобные распределения силы света зеркальных светильников опубликовывались обыкновенно в сглаженном виде, что не давало правильного представления о свойствах таких светильников и иногда даже вводило в заблуждение потребителей.

Исследованный в этой работе зеркальный светильник Цейсса с оптически правильным зеркальным стеклянным отражателем является одним из лучших образцов подобных светильников. Светильник имеет снизу матовое стекло; для целей данной работы матовое стекло было убрано, и светильник испытывался открытым. В светильнике была установлена лампа промышленного типа (достаточно устойчивая) мощностью 200 W при номинальном напряжении 127 V. Положение светового центра лампы было выбрано таким, чтобы получить наибольшее усиление силы света вблизи оси светильника. Светильник устанавливался на распределительной подставке так, что его ось симметрии была горизонтальна и совпадала с светомерной осью светоизмерительной установки. Селеновый фотоэлемент был расположен на специальной подставке на расстоянии 7 m от светового центра источника света.

При измерениях напряжение у лампы поддерживалось постоянным помощью потенциометра Брукса (с точностью до $\pm 0,01\%$). Определение тока фотоэлемента производилось посредством измерения напряжения на зажимах двух последовательно включенных на него нормальных сопротивлений по 10 Ω каждое помощью потенциометра Гартмана и Брауна.

Измерения силы света светильника производились при двух положениях лампы в светильнике: в одном случае внутренние вводы лампы располагались в горизонтальной плоскости над нитью накала лампы,¹ во втором — в вертикальной плоскости.

¹ Точнее: плоскость симметрии разомкнутого кольца, по которому свернута нить, была вертикальна.

В каждом из этих случаев измерения выполнялись через 1—2° в обе стороны от оси симметрии светильника. Результаты измерений приведены в табл. 2.

Таблица 2

Углы, в градусах	Сила света, в международных свечах			
	Вводы лампы в горизонтальной плоскости		Вводы лампы в вертикальной плоскости	
	вправо от оси	влево от оси	вправо от оси	влево от оси
0	1740	1740	1800	1800
1	1790	1750	1870	1990
2	1970	1740	2140	2180
3	1970	2200	2490	2060
4	1920	1380	2490	1580
5	1910	1350	2190	1780
6	2320	1300	1430	2440
7	2190	1300	2040	2620
8	2350	2060	3300	2630
9	2300	4870	3120	2530
10	2520	3470	2530	2410
11	4900	1910	1380	5090
12	2970	3390	629	3420
13	5020	4060	397	2500
14	1850	3150	243	3090
15	250	2510	221	3510
16	217	2680	214	3460
17	212	3360	214	1140
18	214	3190	221	312
19	211	2300	223	216
20	222	900	193	207
22	193	288	190	195
24	189	213	188	189
26	187	191	186	188
28	185	187	179	187
30	178	187	174	184
32	172	182	171	181
34	169	179	170	178
36	166	176	166	174
38	164	172	164	172
40	162	169	161	168
45	161	167	158	161
50	158	163	154	156
55	158	157	150	144
60	156	155	144	144
65	154	153	135	136
70	149	147	131	136
75	142	142	121	133
80	133	126	108	126
85	8	13	7	14
90	4	5	4	5

Результаты измерений распределения силы света той же лампы в одинаковых условиях и обстановке измерений приведены в табл. 3.

Таблица 3

Угол в градусах	Сила света, в международных свечах				Среднее
	Вводы в горизонтальной плоскости		Вводы в вертикальной плоскости		
	вправо от оси	влево от оси	вправо от оси	влево от оси	
0	163	163	157	157	160
2	161	166	154	163	161
4	161	168	154	164	162
6	165	170	155	162	163
8	166	171	156	162	164
10	168	170	157	163	165
12	168	167	159	162	164
14	168	166	161	164	165
16	168	165	161	165	165
18	167	165	161	166	165
20	164	167	160	168	165
22	165	167	160	167	165
24	164	170	160	167	166
26	165	168	159	168	165
28	165	167	161	167	165
30	165	165	161	166	164
32	165	164	161	164	164
34	164	162	161	164	163
36	163	161	159	163	162
38	161	160	160	161	160
40	159	159	155	159	158
42	159	159	153	159	158
44	158	157	151	157	156
46	157	156	149	155	154
48	156	156	147	155	153
50	155	155	145	153	152
52	155	155	144	151	151
54	155	154	144	149	151
56	154	152	144	146	149
58	152	150	141	143	147
60	150	148	140	142	145
62	150	148	133	141	143
64	148	152	128	137	141
66	147	153	126	137	141
68	148	150	131	139	142
70	153	148	129	136	142
72	150	145	124	136	139
74	147	145	121	135	137
76	146	147	119	135	137
78	142	147	117	135	135
80	142	148	119	134	136

Результаты измерений в совокупности с результатами исследования использованного при измерениях селенового фотозле-

мента¹ позволяют сделать заключения: 1) использование селенового фотоэлемента для подобных световых измерений с технической точностью при условии сравнительно частых поверочных измерений самого фотоэлемента (главным образом для выявления усталости фотоэлемента и сохранения им постоянства чувствительности при измерениях) и 2) измерения в определенных единицах допустимы лишь при условии использования ламп с температурой, достаточно близкой к температуре светоизмерительной лампы, от которой определялась чувствительность фотоэлемента. В противном случае результаты могут быть выражены только в относительных единицах или в определенных, вычисленных для условной лампы с номинальным световым потоком. В последнем случае дополнительно должно быть проведено измерение распределения силы света лампы, примененной для измерения распределения силы света светильника.

Другой вывод, который может быть сделан из результатов измерения распределения силы света зеркального светильника, заключается в выявлении крайней затруднительности получения плавного распределения силы света от гладких стеклянных зеркальных светильников, открытых снизу, при обычных осветительных лампах. Как видно из табл. 2, плавность распределения силы света сильно нарушается резкими ее изменениями под различными углами с вертикалью в разных плоскостях.

Чтобы выявить влияние расположения лампы на ее световой поток, соответствующие измерения были произведены в светомерном шаре при помощи селенового фотоэлемента. Лампа (та же, которая применялась в светильнике) при измерениях располагалась так, что ее ось была горизонтальна, а внутренние вводы были либо горизонтальны (причем нить была или выше или ниже электрода) либо вертикальны.

Таблица 4

№ наблюдений	Сила тока фотоэлемента, в усл. единицах, при разных положениях нити				Соотношение токов фотоэлемента			
	Вводы сверху А	Вводы сбоку справа Б	Вводы сбоку слева В	Вводы снизу Г	$\frac{А}{Б}$	$\frac{А}{В}$	$\frac{А}{Г}$	$\frac{В}{Б}$
1	0,33557	0,33456	0,33371	0,33770	1,0030	1,0056	0,9937	
2	0,33572	0,33654	0,33340	0,33834	0,9976	1,0070	0,9923	
3	0,33583	0,33320	0,33260	0,33575	1,0079	1,0097	1,0002	
4	0,33450	0,33210	0,33231	0,33530	1,0072	1,0066	0,9976	
5	0,33796	0,33601	—	0,33778	1,0058	—	0,9999	
6	0,33768	0,33600	0,33504	0,33780	1,0050	1,0079	0,9996	
	Среднее				1,0044	1,0074	0,9972	0,9970

¹ См. в настоящем сборнике работу В. Е. Каргашенской: «Исследование селеновой фотобатарейки».

Результаты измерений, повторявшихся несколько раз, приведены в табл. 4.

Табл. 4 позволяет считать, что изменение распределения силы света светильников (при поворотах его на распределительной подставке) в зависимости от расположения нити лампы может лежать в пределах около $\pm 0,5\%$.

Таким образом, причинами заметных расхождений значений сил света при одних и тех же углах, но в различных или различно расположенных по отношению к вертикали плоскостях, следует считать преимущественно свойства самого зеркала и конечные размеры нити накаливания, в большинстве случаев имеющей еще и неправильную форму. Найденные свойства светильника Цейсса должны выражаться в значительно большей степени у менее совершенных светильников.

Фотометрическая лаборатория ВНИИМ произвела измерение распределения силы света двух несимметричных зеркальных светильников завода „Электросвет“, причем один светильник имел гладкую, а второй — пузырчатую зеркальную отражающую поверхность. Светильники эти предназначены для особых случаев уличного освещения.

Измерение распределения силы света этих светильников производилось с лампами, номинальной мощностью 100 W и напряжением 127 V. Положение светового центра лампы в светильниках выбиралось таким, чтобы получить наибольшее усиление под углами 70—80°. Нить лампы располагалась так, что плоскость ее вводов была перпендикулярна к большой оси поперечного эллиптического сечения светильника. Измерения производились дважды: один раз на поворотной распределительной подставке с помощью фотоэлемента, второй раз — на двухзеркальном распределительном фотометре Шмидта и Генша с помощью укороченной светомерной скамьи. Фотоэлемент устанавливался на расстоянии 5 m от светового центра лампы.

Измерения силы света производились через 1° в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (в одном случае в плоскости, проходящей через малую ось поперечного эллиптического сечения колпака, и во втором — в плоскости, проходящей через большую ось того же сечения). В обоих случаях измерения производились в обе стороны от оси светильника. Результаты измерений с помощью фотоэлемента светильника с гладкой поверхностью в относительных единицах приведены на рис. 2, а то же для светильника с пузырчатой зеркальной поверхностью — на рис. 3.

Рассматривая результаты измерений, можно заметить, что распределение силы света обоих светильников как вообще, так и при равных углах, по обе стороны от оси неодинаковы и отличаются разными несистематическими отклонениями, причем и у светильника с пузырчатой зеркальной поверхностью нельзя заметить особенных преимуществ.

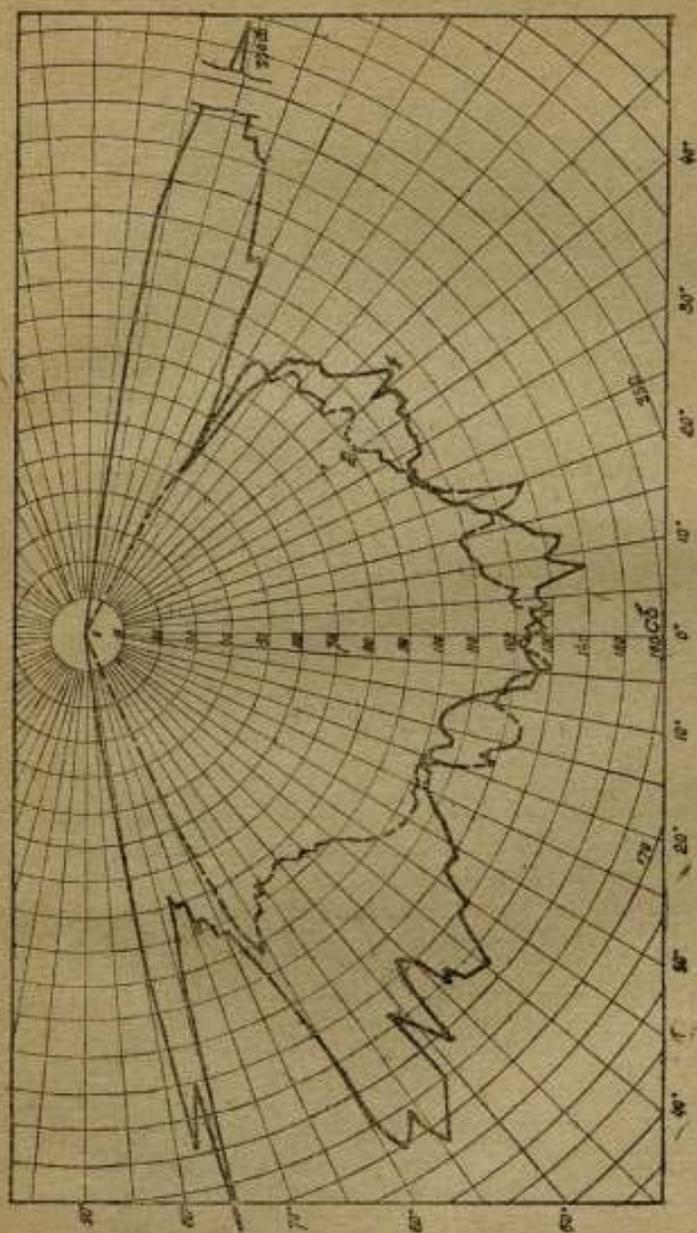


Рис. 2.

1 — в плоскости малой оси; 2 — в плоскости большой оси.

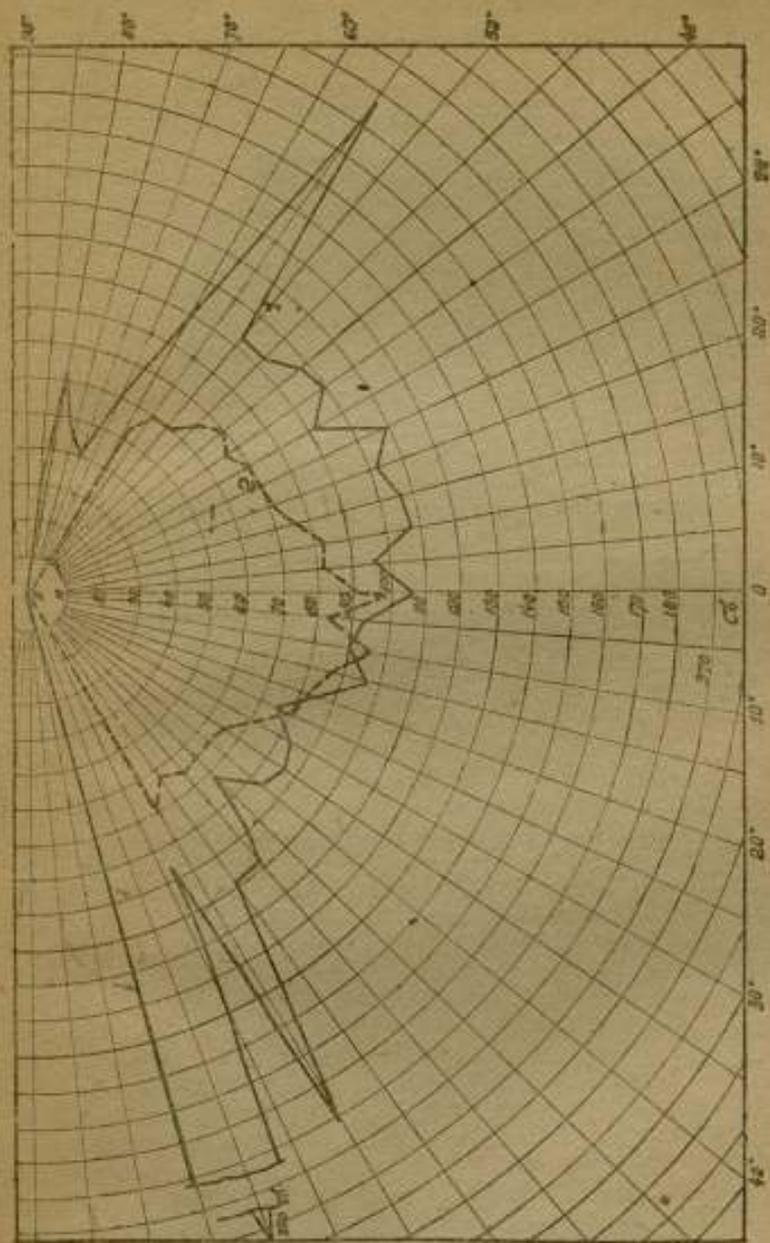


Рис. 4.

1 — в проекции малой оси; 2 — в проекции большой оси.

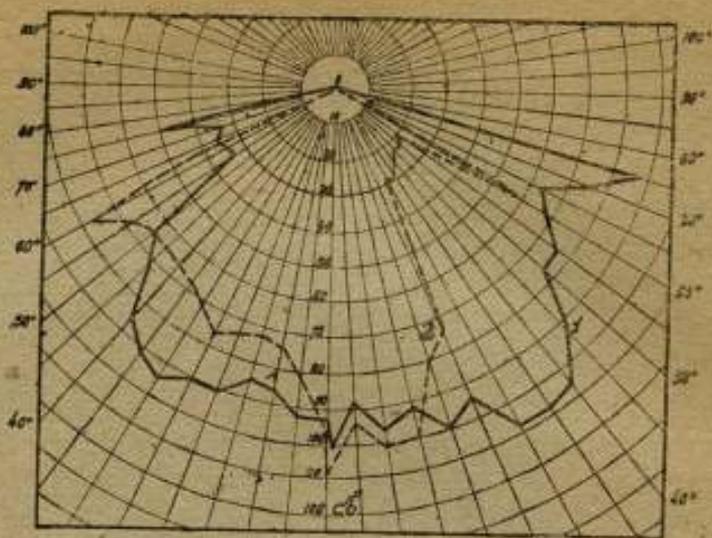


Рис. 5. 1 — в плоскости малой оси; 2 — в плоскости большой оси.

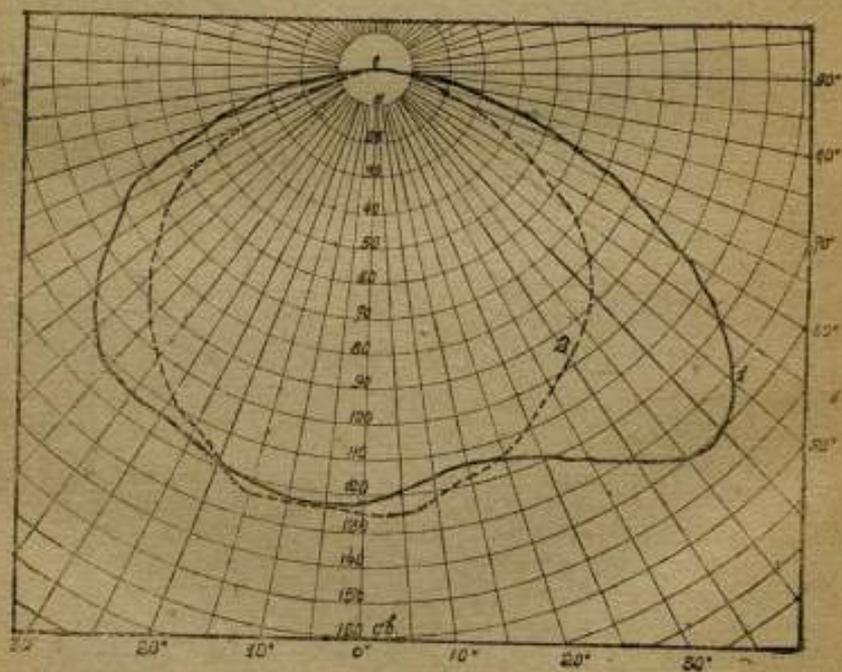


Рис. 6. 1 — в плоскости малой оси; 2 — в плоскости большой оси.

При измерениях на распределительном фотометре каждый светильник подвешивался так, что его ось симметрии была вертикальна. Измерение силы света производилось в тех же плоскостях и при тех же положениях световых центров, какие поддерживались при измерениях с помощью фотозлемента, через каждые 5° в обе стороны от оси светильника. Измерения производились двумя наблюдателями. Результаты измерений приведены на рис. 4 для светильника с гладкой зеркальной поверхностью и на рис. 5 — для светильника с пузырчатой зеркальной поверхностью.

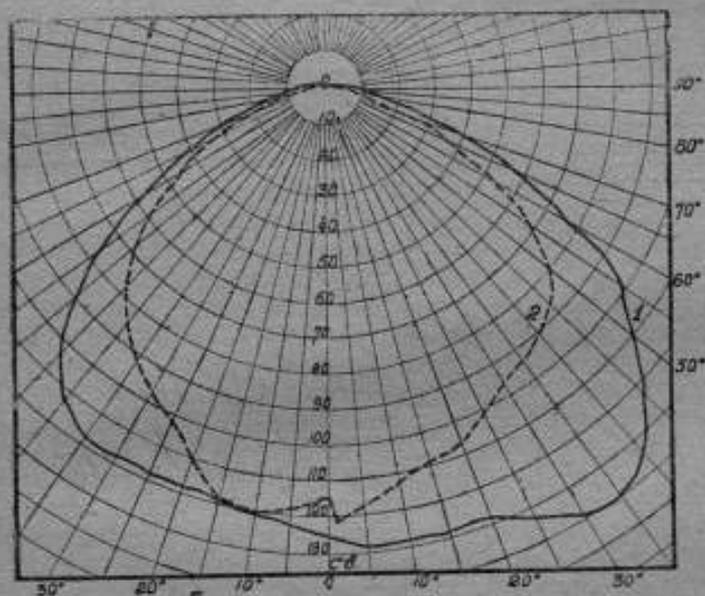


Рис. 7.

1 — в плоскости малой оси; 2 — в плоскости большой оси.

Сопоставляя результаты измерений в двух разных светоизмерительных установках, надо отметить значительные расхождения.

Это должно быть в значительной мере объяснено несколько различными положениями нити по отношению к отражателю в обоих случаях измерений, так как светильник устанавливался заново. Устранение различий в положении нити даже и в условиях работы в лаборатории было практически затруднено, а тем более это недостижимо в условиях обычного применения светильников. Это следует учитывать, в частности, при проектировании и расчетах освещения.

Далее определялось распределение силы света тех же светильников завода „Электросвет“ — с нижними матовыми стек-

лами. Распределение силы света каждого светильника определялось с помощью селенового фотоэлемента в условиях уже описанной установки.

Результаты измерений для светильника с гладкой зеркальной поверхностью и лампой с прозрачной колбой приведены на рис. 6, а для светильника с пузырчатой поверхностью с той же лампой — на рис. 7 (в относительных единицах).

Результаты измерений показывают, что применение нижних, достаточно густых матовых стекол почти совершенно устраняет резкие изменения сил света и частично даже сглаживает различие в распределении силы света в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

Работа выполнялась под руководством П. М. Тиходеева. В ней принимали также участие, кроме автора: В. Е. Кврташевская, М. П. Король и К. Ю. Лукинская.

О ПЛАСТИНКЕ БЕЛОГО ЦВЕТА ДЛЯ СВЕТОВЫХ И ЦВЕТОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ¹

П. М. ТИХОДЕЕВ

В течение многих лет в качестве поверхности белого цвета при световых и цветовых измерениях в большинстве стран применяется преимущественно окись магния. Для измерений цветов по системе Оствальда применяется серно-кислый барий. Применялись в отдельных исследованиях в разных странах также: гипс и углекислый магний.

Международная комиссия по освещению на конгрессе 1931 г. (14—19 сентября) рекомендовала следующее:

„Для цели цветовых измерений отражающих свет материалов за исключением, когда особые случаи требуют других условий, — освещение должно быть направлено под углом 45° , а направление наблюдения должно быть перпендикулярно к поверхности измеряемого образца.

При цветовых измерениях непрозрачных материалов их яркость должна выражаться по отношению к яркости поверхности окиси магния при тех же условиях освещения“.

Фотометрическая лаборатория ВНИИМ, наряду с другими иностранными лабораториями, исследовала, действительно ли окись магния, а равно и другие белые пигменты одинаково отражают свет разных длин волн. Оказалось, как это и вперед можно было предвидеть, что коэффициенты спектрального отражения у окиси магния и других пигментов не одинаковы по спектру. Как общее правило, они несколько больше для коротких длин волн. Значения коэффициентов спектрального отражения зависят от размеров и очертаний кристаллов, от шероховатости поверхности пластинки, от степени сжатия и т. д. Точный учет этих обстоятельств затруднителен.

Особо поставленные измерения показали, что разница в относительных значениях коэффициентов спектрального отражения, у окиси магния и серно-кислого бария, хотя и заметна, но незначительна и очень близка к пределам точности измерений. При цветовых измерениях принятие за белый цвет окиси

¹ См. также „Работы ВИМС по световым эталонам в 1930—1932 гг.“ изд. ВИМС, № 133, 1934 г. — статья М. В. Соколова: „Установление эталонной группы пластинок для коэффициента яркости...“

магния или серно-кислого бария практически не влияет на результаты.

Оксид магния обычно выбирают, главным образом, потому, что матовую и чистую поверхность для нее сравнительно легко получить; кроме того, коэффициент яркости ее (наряду с углекислым магнием) выше других веществ и достаточно близок к единице. Вместе с тем пластинка из окиси магния обладает существенными недостатками: она непрочна, после легкого загрязнения не поддается чистке и в некоторых случаях заметно желтеет. Фотометрическая лаборатория произвела измерения коэффициента яркости пластинок из окиси магния отечественного происхождения. Пластины были изготовлены так, как это указано в помещаемых ниже правилах. Значение его оказалось равным около 0,96—0,98. Образцы из окиси магния заграничного происхождения имели приблизительно такой же коэффициент яркости (в пределах точности измерений).

По измерениям Preston в Национальной физической лаборатории в Геддингтоне¹ коэффициент яркости окиси магния оказывался равным 1,00. Пластина состояла из посеребренного и полированного металла, покрытого копотью окиси магния при толщине слоя около $\frac{1}{8}$ мш. Такой способ изготовления пластинки является отчасти менее практичным, чем предложенный ВНИИМ в Правилах: 1) слой не так прочно держится, 2) неравномерность слоя сказывается сильнее, 3) пластинку сколько-нибудь значительных размеров трудно покрыть ровным слоем и 4) серебряная поверхность с течением времени довольно быстро тускнеет.

Не представляется возможным объяснить причины расхождения в данных ВНИИМ и Preston. Быть может, разница лежит в пределах точности измерений, так как точность измерения коэффициента яркости во ВНИИМ — 1,5%. Но, может быть, сказывался также способ изготовления пластинки, чистота магния и т. д. В Правилах значение коэффициента яркости окиси магния принято равным 0,98. Однако, в п. 5 предусматривается, в случае надобности, действительное измерение коэффициента яркости данной пластинки.

Серно-кислый барий отличается большой устойчивостью. Изготовление его для целей рентгенографии в СССР производится уже несколько лет. Серно-кислый барий отечественного происхождения вполне удовлетворителен и устойчив по своим световым свойствам. Сжатый порошок серно-кислого бария значительно прочнее сжатой окиси магния. Пыль с образца сдувается без порчи поверхности. Вообще, для практического применения пластинка из серно-кислого бария значительно удобнее, чем из окиси магния. На протяжении последних семи лет ВНИИМ изготовил довольно много пластинок из серно-

¹ Trans. of the Optical Society, т. XXXI, № 1, 1929—1930.

кислого бария. Несколько десятков из них подвергалось измерениям. Оказалось, что половина их имеет коэффициент яркости, равный 0,97, четверть от общего количества — 0,96 и остальные — 0,98.

Все это побудило изложить в виде правил указания о пластинках белого цвета, которые применяются в фотометрах, люксметрах, колориметрах, яркомерах и т. д. Правила приводятся в приложении. В них коэффициент яркости для серно-кислого бария принят равным 0,96. Это отвечает нижнему пределу получаемого на практике значения. Принятие нижнего предела — осторожнее, так как в скрытом виде содержит небольшой запас на возможное загрязнение при длительном употреблении в дело.

Приложение

ПРАВИЛА ФОТОМЕТРИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ ВСЕСОЮЗНОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА МЕТРОЛОГИИ

Белый цвет для световых и цветовых измерений

1. Определение

1. Поверхностью белого цвета называется такая, которая одинаково отражает световую энергию всех длин волн видимого спектра, имея коэффициент отражения более 0,65.

2. Коэффициентом яркости поверхности называется отношение ее яркости к яркости идеально матовой поверхности, имеющей коэффициент отражения, равный единице.

2. Осуществление

3. Поверхностью белого цвета для световых и цветовых измерений является матовая поверхность окиси магния, получаемая путем осаждения последней при сжигании химически чистого магния в воздухе.

Примечание 1. Допускается также применение для тех же целей плоской матовой поверхности порошкообразного химически чистого серно-кислого бария.

4. Коэффициент яркости окиси магния при освещении ее пучком света, падающим под углом $45^\circ (\pm 3^\circ)$ к поверхности и при наблюдении в перпендикулярном к ней направлении принимается равным 0,98.

Примечание 2. Коэффициент яркости поверхности серно-кислого бария принимается равным 0,96.

5. Точное значение коэффициента яркости данной пластинки белого цвета и пригодность ее для цветовых измерений в случае особенной в том надобности определяется во Всесоюзном научно-исследовательском институте метрологии.

3. Рекомендуемые технические указания к изготовлению пластинок белого цвета

1. Пластика из окиси магния. Химически чистый порошок окиси магния подвергается сильному сжатию (при давлении не менее 50 hrz (гектопез). При этом лицевая сторона сдавливается полированной металлической (или стеклянной) поверхностью. Толщина слоя — не менее 3 мм. Если желают придать пластинке прочность, то ее сжимают в металлической рамке, разрез которой показан на рис. 1.

Для прочности следует также поместить внутрь порошка перед его сжатием проволочную сетку. Последняя делается из мягкой меди или другого металла, диаметром около 0,3 мм; отверстия в сетке — около 7×7 мм.

После сжатия изготовленная таким образом пластинка покрывается тонким слоем (толщиною около 0,2—0,3 мм) окиси магния путем копчения, для чего пластинка держится над открытым пламенем горящего в воздухе магния.

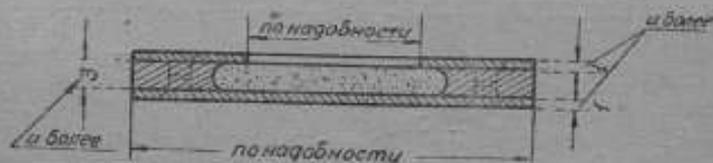


Рис. 1.

2. Пластика из серно-кислого бария. Пластика изготовляется из мелко растертого (незадолго до употребления) порошка серно-кислого бария. Берется порошок, обычно применяемый для рентгенографии. Порошок подвергается сильному сжатию (при давлении не менее 50 hrz).

Матовая лицевая сторона может быть получена двумя способами: 1) между полированной металлической поверхностью прокладывается очень тонкая, однородная бумажная калька, которая после сжатия удаляется; 2) серно-кислый барий перед сжатием в очень небольшой степени увлажняется. Лицевая сторона сдавливается полированной металлической поверхностью. После сжатия и последующего высыхания поверхность становится матовой.

Достаточная матовость определяется тем, что при падении света под углом около 10° к поверхности не должно иметь места правильное отражение.

ПОВЕРОЧНАЯ РАБОТА В ОБЛАСТИ СВЕТОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ (ФОТОМЕТРИИ)

СПРАВОЧНАЯ СТАТЬЯ

П. М. ТИХОДЕЕВ

Задачей настоящей статьи является сообщение сведений, нужных всем тем, кому приходится иметь дело со световыми измерениями и кому приходится обращаться за содействием в Фотометрическую лабораторию ВНИИМ. Поэтому статья придана преимущественно справочное содержание.

1. Действующие законы, стандарты, правила. Действующее законодательство в области всех единиц измерений издано в виде общесоюзных стандартов, утвержденных Всесоюзным комитетом по стандартизации. С упразднением последнего такие стандарты, видимо, будет утверждать Совнарком СССР.

Для практики световых измерений основным является стандарт ОСТ 4891 „Световые единицы“, устанавливающий перечень законных световых единиц, их названия и определения, а также и основной световой эталон СССР, хранение и поддержание которого возлагается на ВНИИМ (согласно Положению о мерах и весах СССР).

Стандарт содержит еще сокращенные обозначения световых единиц, уже нашедшие полное применение.

Названный стандарт является по существу непосредственно связанным с другим — „Световые измерения. Основные термины и обозначения“ (ОСТ 7637). Последний стандарт содержит перечень основных световых величин (например: световой поток, сила света, освещенность и т. д.) и дает им определения. Кроме того даны сокращенные обозначения и размерности.

Оба стандарта вышли в разное время (соответственно в 1932 и 1934 гг.). Между ними имеется небольшая неувязка в отношении некоторых терминов. Это объясняется тем, что при разработке и согласовывании стандартов, в особенности, первого, трудно было достигнуть единства мнений.

В связи с тем, что с 1 января 1940 г. намечается (согласно решению Международного комитета мер и весов) переход к новому основному световому эталону и к новым световым единицам, можно ожидать к названному сроку пересмотра стандарта о единицах (а может быть, и о световых величинах).

Основным световым измерителем является „светоизмерительная электрическая лампа накаливания“. На такие образцовые лампы издан общесоюзный стандарт ОСТ 8273 (см. стр. 129). Он содержит технические условия на эти лампы и, в частности, устанавливает 12 типов светоизмерительных ламп с указанием их номинальных световых и электрических данных.

В обычной лабораторной практике применяют рабочие светоизмерительные лампы. Они отличаются от образцовых: немного уменьшенной точностью воспроизведения световых единиц (см. далее), меньшей испытанностью, возможно, немного сниженным качеством изготовления (по сравнению со строгими правилами для образцовых ламп) и, в общем, меньшей надежностью. Для образцовых и рабочих светоизмерительных ламп фотометрическая лаборатория ВНИИМ разработала общие технические условия. Они печатаются (впервые) в настоящем сборнике (см. стр. 138).

Порядок поверки образцовых светоизмерительных ламп установлен утвержденными Главным управлением мер и весов НКВД Правилами № 160 на: „Лампы накаливания электрические образцовые светоизмерительные“ (см. стр. 143). Такие лампы являются обязательно поверяемыми измерительными приборами и включены в изданный названным Главным управлением¹ список обязательно поверяемых мер и измерительных приборов. Для порядка и сроков поверки рабочих светоизмерительных ламп особых правил не издано; они проводятся согласно установившейся практике, подтвержденной многолетним опытом, — приблизительно так же, как и для образцовых.

Нередко еще наблюдаются иные, неправильные, понимания названий ламп: эталонная, образцовая или рабочая светоизмерительная, чем это в недавнее время установлено и уже теперь является обязательным. Здесь надо руководствоваться, во-первых, стандартом „Образцовые меры и образцовые измерительные приборы“ (ОСТ 6101). В нем дается строгое определение как для образцовых мер и образцовых измерительных приборов ограниченной точности, так и для разных видов эталонов. Другой стандарт — ОСТ 7636 — содержит перечень ряда метрологических терминов (числом 77) и дает им определения. Сюда, например, вошли определения для разных мер и измерительных приборов, для отсчета и отсчетных приспособлений, для номинальных мер и действительных значений показаний прибора, для погрешностей, для поправок, для правильности меры, для точности, для чувствительности и проч. Строгое понимание метрологических терминов проводится как в изданиях ВНИИМ, так и в выдаваемых им документах (и письмах.)

¹ Теперь — Комитет по делам мер и измерительных приборов при СНК СССР.

К числу метрологических стандартов, относящихся к световым измерениям, принадлежит еще следующий: „Световые измерения. Относительная видимость монохроматического света“ (ОСТ 8485).

Кроме перечисленных официально утвержденных документов, Фотометрическая лаборатория разработала разного значения правила, рекомендуемые ею для практического применения. Сюда относятся: 1) „Белый цвет для световых и цветовых измерений“ (см. стр. 113), эти правила согласованы с рядом заинтересованных учреждений и применяются уже много лет; 2) „Источники света для световых и цветовых измерений“; эти правила говорят об источниках света, принятых Международной комиссией по освещению в 1931 г. для цветовых измерений, причем правила вводят лишь два источника („А“ и „С“), а не три („А“, „В“ и „С“). Названные правила также согласованы с заинтересованными учреждениями. Проведение их в жизнь откладывается впредь до установления во ВНИИМ шкалы цветовых температур (что намечается на конец 1939 г.).

Имеются правила для проверки люксметров (см. отдельное изд. ВНИИМ № 112, 1932 г.) и для работы на распределительном фотометре („Поверочное дело“, 1929 г., № 3, стр. 168—183). Эти правила подытоживают опыт и исследования лаборатории и являются рекомендуемыми лабораторией.

Есть еще вспомогательные правила — чисто служебные, разработанные для надобностей самой лаборатории. Многие из них полезны для других лабораторий. В приложениях к статье публикуются два из них. В распоряжении лаборатории имеются еще такие (неопубликованные) правила: пожарной безопасности в лаборатории, электрической безопасности, приемки разных светозмерительных приборов, проверки светозмерительных ламп (перерабатываются). Составляются правила для клеймения ламп. Все эти правила могут предоставляться для ознакомления заинтересованным лабораториям и лицам.

2. О возможности изменения световых единиц с 1 января 1940 г. Как уже упомянуто, Международный комитет мер и весов принял решение о переходе с 1 января 1940 г. к новому световому эталону в виде абсолютно черного тела и к новым световым единицам.

Надо иметь в виду, что, по всей вероятности, новые световые единицы будут весьма мало отличаться от ныне действующих в СССР. Может быть, практически световые единицы в СССР по своим размерам останутся прежними. Имеющиеся пока данные позволяют рассчитывать, что возможное изменение едва ли превзойдет 0,5%. Тем не менее, в данное время еще ничего вполне точного об изменении световых единиц сказать нельзя. Все лаборатории должны иметь в виду изложенное.

Предположительно, в конце 1939 г., после заседания Международного консультативного комитета по фотометрии (начало

июня 1939 г.) и после окончания работ с новым световым эталоном во ВНИИМ, будет опубликовано сообщение о положении дела.

3. Метрологическая литература. Чтобы содействие ВНИИМ было более полноценным и правильно используемым (в частности это соображение относится и к правильному применению поверенных в Фотометрической лаборатории светоизмерительных ламп, пластинок для коэффициента яркости, разных приборов и проч.), рекомендуется знакомиться с печатаемыми лабораторией отчетами о ее метрологических работах (см. издания ВНИИМ). Многое (например, о светоизмерительных лампах) имеется в книге автора: „Световые измерения в светотехнике“ (ОНТИ, 1936), куда вошли частично опытные данные, не опубликованные в других изданиях. Рекомендуются еще две книги проф. М. Ф. Маликова, дающие правильные и вполне современные воззрения на основные метрологические понятия, относящиеся ко всем областям измерений: „Точные измерения“ („Стандартгиз“, 1935) и „Образцовые меры и образцовые измерительные приборы“ (изд. 3-е, „Стандартгиз“, 1935).

4 Перечень поверок. Фотометрическая лаборатория безотказно производит проверки образцовых и рабочих светоизмерительных ламп тех типов, которые предусмотрены стандартом ОСТ 8273. Безотказно выполняется также проверка пластинок для коэффициента яркости, изготовленных по способу, описанному в Правилах для них (см. стр. 113). Люксметры, изготовленные заводом „Эталон“ (бывш. мастерские ВНИИМ), также поверяются.

Следует иметь в виду, что белая пластинка для коэффициента яркости, будучи освещена светоизмерительной лампой с известной силой света, имеет яркость, которую нетрудно вычислять (см. руководства по световым измерениям). Следовательно, светоизмерительная лампа совместно с такой пластинкой пригодна для воспроизведения единиц яркости (до 0,1 *sb* при лампе типа № 7).

Лаборатория обыкновенно производит проверку и испытание всех светоизмерительных приборов и принадлежностей для них, изготавливаемых (заводом „Эталон“ и другими мастерскими) по конструкциям или системам, разработанным самой лабораторией.

Трудоемкость лаборатории в данное время (1939 г.) в области поверочных работ исчерпывается перечисленным. Лаборатория имеет довольно разностороннее и хорошего качества оборудование, позволяющее производить самые разнообразные световые измерения, включая спектрофотометрические, а равно светотехнические испытания (ламп, светильников, светотехнических материалов) и исследования (и поверку) разнообразных светоизмерительных приборов. Как правило, подобного рода работы не входят в круг ведения лаборатории, как эталонной и занятой метрологическими исследованиями, относящимися по преимуществу к усовершенствованию дела хранения, воспроиз-

ведения и размножения световых единиц и эталонов для них. Лишь в виде особого исключения, если работа представляет существенное народно-хозяйственное или важное научное значение и небольшую трудоемкость, может быть поставлен вопрос о выполнении ее в Фотометрической лаборатории ВНИИМ.

ВНИИМ пока не располагает шкалой цветовой температуры. Лишь для практических надобностей сенситометрии подбирается у светоизмерительных ламп цветовая температура около 2355°K (с точностью предположительно $\pm 25^{\circ}$). Эта температура установлена (в Термометрической лаборатории ВНИИМ) косвенным путем и должна считаться найденной лишь предварительно.

Приняты меры к тому, чтобы в 1937 г. начать (для немногих ламп) выпуск ламп, поверенных на разные цветовые температуры в пределах, примерно, $2300-2850^{\circ}\text{K}$. Вероятно, временно на цветовую температуру будут поверяться лампы типов с № 1 по 7 (т. е. на силу света, а не на полный световой поток).

Лаборатория пока отказывается от поверок фотоэлементов, так как ВНИИМ в данное время не располагает эталонами для воспроизведения цветовой температуры. Селеновые фотоэлементы пока не принимаются в поверку, так как устройство ныне изготавливаемых фотоэлементов не обеспечивает их постоянства (в частности, из-за несовершенного устройства электрических соединений и недостаточно плотного закрытия внутренней части прибора).

5. Предупреждение о световых измерениях и поверках приборов при малых яркостях. Нередко обращаются за поверкой светоизмерительных приборов, имеющих малые яркости. Как выше указано, такие приборы, как правило не принимаются в поверку. В связи с этим необходимо сделать следующее предупреждение.

При световых измерениях с помощью глаза малых яркостей (или с участием приборов, имеющих малую яркость полей сравнения), именно, ниже, примерно, $0,15\text{ msb}$ начинает сказываться изменение спектральной чувствительности глаза.

Правильность значений световых единиц пострадает и, следовательно, единство мер в стране нарушится, если все лаборатории не будут соблюдать в таких случаях следующего правила: Числовые значения малых яркостей в именованных единицах даются лишь на основании: 1) теоретических вычислений или расчетов, опирающихся на воспроизведение обычной (для световых измерений) яркости (более $0,15\text{ msb}$) при том же распределении лучистой мощности в видимом спектре, как и данная малая яркость, или 2) опытного сравнения данной малой яркости с другой известной, при условии, что обе в видимой части спектра имеют одинаковое распределение лучистой мощности".

Вот пример некоторых следствий из этого правила. Требуется измерить яркость самосветящихся красок. Тогда светоизмери-

тельный прибор, например, имеющийся в нем лампа сравнения, должен воспроизводить переменную яркость того же спектрального состава (в видимой части спектра), как и измеряемая краска. Если применена в приборе в качестве лампы сравнения электрическая лампа накаливания, снабженная цветным поглотителем (стеклом), то поверка прибора должна производиться по светоизмерительной лампе, горящей при одинаковой с лампой сравнения температуре, причем свет от светоизмерительной лампы пропускается сквозь такой же поглотитель, как и у сравниваемой лампы. Коэффициент пропускания поглотителя либо вычисляется по спектральным коэффициентам пропускания (для данной цветовой температуры), либо измеряется опытным путем при обычной яркости.

Соблюдение указанного правила, разумеется, приведет к тому, что малые яркости разного спектрального состава (например, красного и синего цветов), имеющие равное числовое значение (например, в миллистильбах) при действительных сравнениях будут казаться неодинаковыми. Можно даже измерить, во сколько раз одна яркость кажется меньше или больше другой. Это неизбежно по свойствам глаза. Для устранения путаницы и недоразумений необходимо при подобных измерениях оговаривать соблюдение установленного правила, а при описании явлений, наблюдающихся при разноцветных (или разного спектрального состава) яркостях, по возможности, точнее описывать также и спектральный состав их. Важное значение это имеет для световой сигнализации, наружного освещения улиц, площадей и проч., для адатометров и т. д. Более подробные указания намечено опубликовать особо.

6. Изготовление светоизмерительных ламп. Качество их. Светоизмерительные лампы изготавливаются только Московским электроламповым заводом. Производство на нем ведется уже много лет. Завод накопил значительный опыт. Большинство выпускаемых заводом ламп полностью удовлетворяют требованиям стандарта ОСТ 8273 и по качествам вполне отвечают своему назначению. Однако поскольку изготовление носит единичный, а не массовый характер, неудовлетворительность отдельных ламп неизбежна. Важно отметить, что отобрать вполне удовлетворительные лампы не всегда удается. Вместе с тем тщательное предварительное испытание ламп весьма трудоемко и пока выполняется лишь для эталонных ламп. Поэтому попадание к потребителю неудовлетворительной или недостаточно устойчивой светоизмерительной лампы практически вполне возможно. Изредка бывает, что лампа медленно или постепенно, а то и внезапно приходит в негодность, хотя в течение нескольких лет оказывалась удовлетворительной.

Самое практическое решение вопроса об отборе светоизмерительных ламп — это применение (и приобретение) нескольких ламп одного и того же типа. По соотношению их показаний

можно судить о степени сохранности. Однородных ламп берут 3—5 и больше.

Распределение светоизмерительных ламп. Заявки на лампы. О выборе типов. По соглашению с Московским электроламповым заводом и рядом светотехнических лабораторий все выпущенные заводом светоизмерительные лампы поступают во ВНИИМ и им распределяются. Спрос на лампы пока превышает выпуск. Поэтому при распределении учитывается очередность предварительных заявок, но также и степень важности работ, для которых предназначаются лампы. Определенных сроков выпуска ламп с завода пока еще нет. Заявки на лампы следует представлять во ВНИИМ заблаговременно (например, за несколько месяцев). В случае возможности предоставить лампы заказчику, ранее представившему заявку, ВНИИМ его предварительно уведомляет.

Заявки принимаются только на стандартные лампы (ОСТ 8273).

Производство ламп типов № 6 и 7 начато сравнительно недавно и удовлетворение запросов на них производится в меньшей мере, чем на другие типы.

Во избежание имевших место недоразумений надо помнить, что образцовые лампы светового потока (типы № 8, 9, 10, 11 и 12) предназначены лишь для применения в светомерном шаре или, при некоторых условиях, на распределительном фотометре. Для определения чувствительности фотоэлементов (например, в микроамперах на 1 *lm*) они не годятся. В таких случаях надо применять лампы типов № 1, 2, 3, 4, 5, 6 или 7.

[Зная силу света лампы (в свечах), расстояние от лампы до воспринимающей поверхности фотоэлемента (в сантиметрах) и угол падения света, можно вычислить освещенность последней (в фотках). Если умножить освещенность (в фотках) на площадь воспринимающей поверхности (в квадратных сантиметрах), то получится световой поток (в люменах), падающий на воспринимающую поверхность. Более подробно об этом надо смотреть в руководствах по световым измерениям. Особо надо учитывать действие окна (диафрагмы), если такое применяется перед фотоэлементом и ограничивает пучок света, идущего на фотоэлемент. Если весь свет, прошедший сквозь окно, падает на воспринимающую поверхность фотоэлемента, то для вычисления падающего на последнюю светового потока (в люменах) надо определить освещенность (в фотках) окна и умножить ее на площадь окна (в квадратных сантиметрах)].

Изготовление белых пластинок для коэффициента яркости. Фотометрическая лаборатория берет на себя изготовление белых пластинок для коэффициента яркости. Заказчик должен доставить оправу (ее может изготовить завод „Эталон“). Лаборатория запрессовывает в оправу сернистый барий. Предельные размеры прессованной пластинки такие: толщина от 3 до 5 мм, диаметр окружности — от 10 до 70 мм.

Лаборатория (по своей трудоемкости) сможет изготавливать едва ли более 20—50 пластинок за год.

О применении образцовых или рабочих светоизмерительных ламп. Образцовые светоизмерительные лампы в настоящее время нужны лишь очень ограниченному числу лабораторий. Не следует забывать, для чего применяются образцовые лампы (см. стр. 116). Надо также иметь в виду, что целесообразное применение образцовых ламп может производиться лишь в хорошо оборудованных фотометрических лабораториях, имеющих в своем распоряжении отдельную аккумуляторную батарею. Электрические измерения при них должны осуществляться на компенсационных приборах (потенциометрах), поверенных (как и делители напряжения, образцовые катушки сопротивления и нормальные элементы Вестона) во ВНИИМ, или в Московском государственном институте мер и весов или в Харьковском государственном институте мер и весов.

Для всех обычных практических измерений должны применяться рабочие светоизмерительные лампы.

Точность поверок. Обычно большинство светоизмерительных ламп (включая даже и эталонные) обладают некоторой ограниченной степенью устойчивости. Точное определение ее довольно трудно и во всяком случае очень трудоемко.

Все поверочные работы (как и эталонные) в настоящее время выполняются путем световых измерений с участием глаза. В измерениях обычно участвуют 3—4 наблюдателя. При ограниченном и время от времени меняющемся составе наблюдателей, при разной степени их опытности и умения Фотометрическая лаборатория в настоящее время не может обеспечить строго неизменной точности световых измерений. Последняя время от времени колеблется. Вообще определению установить точность пока трудно и потому, что у разных типов светоизмерительных ламп цветовая температура различна. Разноцветные же световые измерения имеют пониженную точность.

Лампы типа № 3 измеряются с большей точностью, чем другие типы для силы света. Из пустотных ламп для светового потока — точнее лампы типа № 9 (по сравнению с типами № 8 и 10), а из газополных ламп — типа № 11 (по сравнению с № 12).

Точность световых измерений самой поверяемой на силу света лампы обычно не ниже, чем 0,2%, а на световой поток не ниже 0,3%. Сюда добавляются погрешности вторичных эталонов, так что приведенные цифры соответственно увеличиваются до 0,3% и 0,4—0,5%. В случае измерения газополных ламп цифры еще возрастают соответственно до 0,7% и до 0,8—1,2%. Однако сюда добавляется еще погрешность из-за некоторой неустойчивости ламп. Практика повторных поверок одних и тех же светоизмерительных ламп для некоторых заказчиков показывает, что расхождения поверок (для мало горевших ламп, на что указывает сохранение лампой потребляемой электрической мощности) редко превосходят следующие

округленные числа: для пустотных ламп на силу света $\pm 0,2-0,3\%$, а на световой поток $\pm 0,4-0,5\%$; для газополных ламп на световой поток — $\pm 0,5-0,8\%$ (от среднего значения). Эти числа учитывают, конечно, и устойчивость ламп за длительное время. Нередко имели место и меньшие расхождения. Выпады до удвоения названных чисел случались довольно редко. Вот этими последними цифрами и надо руководствоваться при оценке точности поверки светоизмерительных ламп.

Необходимо накопить еще дополнительный опыт таких повторных поверок за несколько лет. Тогда получатся данные, подкрепленные многолетним опытом, почему они и смогут считаться достаточно достоверными (но и то условно, так как колебания в точности будут, вероятно, повторяться, притом из-за многих причин, не всегда выявленных). В тех случаях, когда потребуется безусловно обеспечить точность в названных выше пределах, а тем более ее повысить, надо особо договариваться с Фотометрической лабораторией, чтобы она наметила средства для этого.

Выше указана точность для одной лампы. Точность воспроизведения световой единицы несколькими однотипными лампами повышается (за истинное принимается среднее из показаний отдельных ламп). В первом приближении можно руководствоваться следующим:

Число однотипных ламп	Примерная точность лампы типов:		
	№ 1, 2, 3, 4, 5	№ 8, 9, 10	№ 11, 12
3	0,1 _с —0,2 _с	0,3 _с —0,4	0,4—0,7
4	0,1—0,2 _с	0,3—0,3 _с	0,3 _с —0,6
5	0,1 _с —0,2	0,2 _с —0,3 _с	0,3 _с —0,5 _с

При пользовании этими числами, каждая лаборатория в случаях вычислений точности своих измерений должна еще прибавить (в квадратуре) собственные погрешности измерений.

Все сказанное о точности относится к образцовым лампам. Число потребных стране образцовых светоизмерительных ламп невелико. Число рабочих ламп пока еще такое, что ВНИИМ может их поверять (раз в 1—2 года) без особенных затруднений. Вместе с тем порядок поверки ламп предусматривает возможность перевода ламп из разряда рабочих — в образцовые. Поэтому Фотометрическая лаборатория в настоящее время производит поверку рабочих светоизмерительных ламп в большинстве случаев с той же точностью, что и образцовых. Однако, по условиям обстановки нередко рабочие светоизмерительные лампы измеряются меньшим числом наблюдателей (например тремя, совсем редко — двумя, но очень опытными). Поэтому для рабочих светоизмерительных ламп осторожнее точность определять по приведенной выше таблице с добавкой 0,1_с—0,2_с для ламп типов № 1, 2, 3, 4 и 5 и 0,2—0,3% для всех остальных.

О точности воспроизведения световых единиц с помощью светоизмерительных ламп много сведений имеется в метрологических работах, опубликованных Фотометрической лабораторией ВНИИМ. Там же можно найти и приемы вычислений погрешностей измерений.

Лампы типов № 6 и 7 еще мало изучены. Можно для предварительных прикидок считать, что точность их того же порядка, что и ламп типов № 11 и 12.

Бывали случаи, что лаборатория, получившая несколько однотипных ламп от ВНИИМ, при собственном взаимном сличении находила для световых величин ламп иные соотношения, чем то выводится из данных ВНИИМ. В таком случае нужно посмотреть, укладываются ли расхождения в приведенные выше точности, увеличенные сообразно приросту погрешности измерений данной лаборатории. Заметно выпадающие при нескольких повторных измерениях (после погасания и остывания) лампы надо исключать из рассмотрения. Такие выпавшие лампы должны направляться в повторную поверку, если электрические измерения и наружный осмотр показывают полную сохранность ламп.

Полезные сведения о точности измерений ламп находятся в отчетах о межлабораторных измерениях ламп (см. статью К. И. Несмачного в настоящем сборнике и П. М. Тиходеева — в „Поверочном деле“, 1929 г., № 3).

Лампы могут меняться вследствие неблагоприятных условий при перевозке. Предпочтительно не подвергать лампы замораживанию.

О мерах предосторожности при обращении с лампами. За восемнадцать лет лабораторной практики автора было отмечено 6—7 случаев лопания пустотных ламп в руках работавших с ними лиц. В 4 случаях осколки падали на лицо и руки, не причинив никакого вреда. В одном случае осколки стекла причинили мелкие царапины на лице. Еще в одном случае мелкий осколок попал в глаз, но не причинил никакого вреда. С лампового завода недавно было получено сообщение, что при лопании одной стандартного типа (№ 5) лампы было причинено увечье глазу работавшего. За те же годы было 7—10 случаев лопания ламп без прикосновения к ним людей. В их числе было 1—2 газополные, которые, как показывает практика, лопаются гораздо реже.

Все отмеченные случаи происходили с незажженными лампами. Горящие лампы лопались в двух случаях; это были газополные лампы.

Как известно, случаи лопания ламп нередко бывают и с обычными осветительными лампами. Устройство светоизмерительных ламп несколько сложнее. В частности, они изготавливаются из большего числа сортов стекла и, например, часто стеклянные поддержки нити свариваются из большего числа

отрезков стекла (разного сорта), чем у обычных ламп. Лампы типов № 3, 4, 5 и также 6 и 7 заметно менее прочны, чем другие типы и чем, конечно, осветительные лампы. Поэтому они требуют особенно бережного обращения.

Как видно, хотя несчастные случаи из-за ламп при работе с ними бываюи и редко, но все же необходимо принятие защитных мер. Временные правила, разработанные, впрочем, еще не окончательно (к счастью, число несчастий невелико, но именно, из-за этого накопленный опыт по выяснению их причин совсем мал), даются в Приложении а (стр. 127).

Сроки поверок. Запасные лампы. При существующем числе своих сотрудников, а, главное, из соображений наименьшего износа эталонных ламп и разумного сочетания постановки дела поверок с научно-исследовательской работой, Фотометрическая лаборатория, как правило, производит проверки лишь в следующие месяцы: февраль, май, сентябрь и ноябрь.

Поверяемые лампы должны поступать во ВНИИМ не позже 11 числа каждого из указанных месяцев, чтобы поверка была выполнена в том же месяце. Выпуск поверенных ламп обыкновенно производится 7—15-го числа месяца, следующего за поверками.

В случае сомнений у лаборатории в качестве ламп сроки поверок их значительно удлиняются.

Фотометрическая лаборатория объединяет для одновременной работы поверку однородных ламп (требующих для измерений одних и тех же эталонов) от разных заказчиков. Поэтому поступающие разрозненные светоизмерительные лампы нередко задерживаются поверкой в ожидании поступления других, подходящих для совместной поверки ламп. Это влияет на сроки поверки и на их соблюдение.

По соображениям сравнительно длинных сроков поверки, а также и вследствие возможности повреждений ламп в пути (а может быть, и при обращении с ними для клеймения и для поверок во ВНИИМ, что бывает крайне редко),¹ лаборатории должны иметь у себя запасные светоизмерительные лампы, а не отправлять все имеющиеся лампы в поверку одновременно.

Стоимость поверки. В настоящее время действует такая стоимость поверок:

1. Поверка на силу света или световой поток за каждую лампу (изготовленную по ОСТ 8273) при партии однотипных ламп до 3 штук включительно 12 руб. 60 коп.
2. То же при партии однотипных ламп свыше 3 штук за каждую 8

¹ Лампы, поврежденные по вине ВНИИМ, заменяются безвозмездно на его запасов.

3. Поверка испытательной белой пластинки для коэффициента яркости, за каждую 35 руб. — коп.
 4. Поверка люксметра ВНИИМ в зависимости от объема от 25 до 120 р.

В данное время происходит пересмотр стоимости поверок. Запрессование испытательной белой пластинки стоит 30 руб. Если доставляемые в поверку лампы не имеют мягкой чистой обертки из марли и ваты (по ОСТ 8273), то она предоставляется от ВНИИМ по цене 1 руб. 50 коп.—2 руб.

Стоимость упаковки и отправки взимается отдельно.

Стоимость светоизмерительных ламп. Стоимость в настоящее время такая:

Типы ламп (по ОСТ 8273)	Цена каждой
1 и 2	42 руб.
3, 4, 5, 6 и 7	70 .
8	21 .
9	28 .
10, 11 и 12	49 .

Доставка и упаковка. Предпочтительно доставлять лампы с нарочным, на руках. Однако, до сих пор не было недоразумений (в смысле порчи ламп) и при отправке ламп почтовой посылкой. Лампы требуют очень тщательной упаковки. Учитывая возможность дальних расстояний, а также неблагоприятные условия дороги (тряска, падение укупорочных ящиков) ВНИИМ разработал правила упаковки светоизмерительных ламп, предусматривающие довольно значительные предосторожности. Они считаются временными, хотя испытаны уже в течение почти 5 лет; есть стремление несколько снизить их требовательность, так как укупорка получается довольно громоздкой. Но пока изготовление ламп отстает от спроса, дополнительные меры предосторожности не приходится считать излишними.

Временные правила для упаковки см. стр. 139 и 140, § 13.

Порядок применения в дело светоизмерительных ламп. Каждая лаборатория должна установить применительно к своим надобностям твердый порядок хранения и применения светоизмерительных ламп и обращения с ними. Пример такого порядка можно получить в Фотометрической лаборатории ВНИИМ (опубликован в брошюре Главной палаты мер и весов № 60, 1928 г., стр. 110—115; теперь частично видоизменен).

О соблюдении правил безопасности с вращающимися поглотителями (секторными дисками). При работах в светотехнических (и фотометрических) лабораториях источником несчастий с людьми, кроме ламп, могут являться еще вращающиеся поглотители (секторные диски). Так как они являются нужным и распространенным прибором, то в Приложении б даются правила предосторожности (безопасности) для работ с ними.

ВРЕМЕННЫЕ ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ СО СВЕТОИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ ЛАМПАМИ

Светоизмерительные лампы — хрупкий прибор, требующий крайне бережного и осторожного обращения. Толчки, удары, сотрясения, дрожания и т. п. лампы не должны допускаться. Без надобности лампы не следует брать в руки. Лампы из-за толчков и сотрясений могут взрываться. Тогда мелкие осколки стекла, разлетаясь во все стороны, могут поранить открытые части тела, могут попасть и в глаза. Осколки разлетаются обыкновенно на расстояние до 3—4 м. На более близком расстоянии от лампы действие осколков, конечно, гораздо сильнее. Взрывы могут происходить и без видимых причин.

1. Если по условиям работы открытые светоизмерительные лампы берутся в руки или к ним прикасаются руками, то как работающие с лампами, так и другие лица, находящиеся ближе 5 м к лампе и не защищенные в направлении к лицу от лампы какими-либо загородками, занавесками и т. п., должны применять защитные очки.

Пояснение. Обертка ламп при их упаковке, раскупорка ламп, мытье и вытирание колбы ламп, зачистка контактов (цоколя), установка ламп на скамье, снятие ламп со скамьи, клеймение ламп, — вот примеры случаев, когда нужно применять очки.

2. В рабочем своем положении — при измерениях и вообще при горении — светоизмерительная лампа должна быть окружена загородками, занавесками и т. п., преграждающими путь для разлетающихся осколков (в случае лопания лампы) по крайней мере в направлении к головам и рукам людей, находящихся ближе 5 м к лампе.

3. Светоизмерительные лампы должны храниться в таких условиях, чтобы осколки стекла в случае лопания лампы не могли падать на людей, находящихся от лампы ближе 5 м.

Пояснение. Светоизмерительные лампы, не установленные для измерений, лучше всего держать в чехле из ткани, сшитом в виде кисета. Цоколь находится в верхней части кисета у завязки. Лампы, часто употребляемые, удобно хранить (с надежными чехлами) в лотках (см. например, брошюру изд. ВИС, № 100, 1932, стр. 33 и 34), имеющие гнезда из дьяновой тесьмы для поддержки ламп. Редко применяемые лампы можно хранить (с надежными чехлами) в коробках (картонных или деревянных; каждая коробка на одну лампу), дно, стенки и верх которой обложены, например, ватой в марле (толщиной около 3 см).

4. В случае необходимости взять лампу в руки, она берется за цоколь (держа палец подалеже от шейки колбы) или (что менее желательно) — за макушку колбы. Не следует браться за шейку колбы. Лампы типов № 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 7 держатся в отвесном положении цоколем вниз, а лампы типов № 8, 9, 10, 11 и 12 — в отвесном положении цоколем вверх. Следует избегать помещать лампы в горизонтальное или сильно наклонное положение. Особенно опасны для лампы толчки и удары, когда она находится в горизонтальном положении.

**ПРАВИЛА ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ВРАЩАЮЩИМИСЯ
ПОГЛОТИТЕЛЯМИ¹**

1. Перед пуском электродвигателя в ход все шпильки, гайки и контргайки на штативе, на закреплении электродвигателя и муфте поглотителя должны быть крепко затянуты (прилагаемыми к прибору ключами).

2. Число оборотов электродвигателя не должно превышать того, что является достаточным для световых измерений (отсутствие мигания в поле зрения фотометра).

Примечание. Обыкновенно это достигается на 1—2 контакте последовательно включаемого реостата со швейным электродвигателем завода им. Лесгафта (т. е. добавочное сопротивление должно быть возможно большим).

3. Электродвигатель предпочтительно помещать так, чтобы он находился над серединой основания штатива (или же хотя бы не очень значительно выходил за очертание основания).

4. Плоскость вращающихся поглотителей должна быть по возможности вертикальна.

5. Необходимо устроить ограждение около вращающихся поглотителей, чтобы устранить опасность нечаянного прикосновения людей к ним во время работы. Ограждение (например, из досок) должно быть достаточно прочно выполнено и хорошо закреплено, чтобы устранить возможность несчастных случаев, если бы поглотители соскочили с оси при вращении.

6. К работе с вращающимися поглотителями могут допускаться лишь лица, умение которых обращаться с прибором проверено.

7. Настоящие правила согласно местным условиям должны быть пересмотрены и в случае надобности дополнены.

¹ Составлены применительно к приборам завода „Эвалон“.

СССР Совет труда и обороны	ОБЩЕСОЮЗНЫЙ СТАНДАРТ	ОСТ 8273 ВКС
	ЛАМПЫ НАКАЛИВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ОБРАЗЦОВЫЕ СВЕТОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ	
Всесоюзный комитет стандартизации	Технические условия	Метрология

Введен ВНИИМ	Утвержден 20/VI 1935 г.	Срок введения 1/I 1936 г.
--------------	-------------------------	---------------------------

А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ

1. Образцовыми светоизмерительными электрическими лампами накаливания называются лампы, служащие для точного воспроизведения световых единиц при поверке и градуировке светоизмерительных источников света и светоизмерительных приборов.

Примечание 1. Образцовые светоизмерительные электрические лампы накаливания отбираются из числа светоизмерительных ламп, изготовляемых по особым техническим условиям.

Примечание 2. Световые единицы — см. ОСТ 4891.

Б. КЛАССИФИКАЦИЯ

2. Предусматриваемые настоящим стандартом образцовые лампы по воспроизводимым ими световым единицам разделяются на:

а) Образцовые лампы силы света (в 5; 10; 35; 100; 500 и 1000 международных свечей).

б) Образцовые лампы светового потока (в 150; 500; 1500 и 3500 люменов).

В. ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

3. Световые и электрические характеристики должны удовлетворять данным таблицы 1.

Примечание. Указанные в настоящем пункте характеристики определяются после отжига ламп согласно п. 11.

4. Размеры образцовых ламп должны удовлетворять таблице 2. Коническая часть — в виде усеченного прямого конуса — колбы ламп типов № 1 и № 2 должна иметь между осью колбы и образующей конуса угол $16^{\circ}30' \pm 20'$; тот же угол для колб ламп типов № 3, 4, 5, 6 и 7 равен $18^{\circ} \pm 20'$. Образующие конуса должны быть прямыми линиями, причем отклонение от прямой линии не должно превосходить $\pm 0,3$ мм.

5. Стеклоплавные части.

а) Колба и все остальные стеклянные части не должны иметь внутренних напряжений. Для этой цели они должны быть предварительно отожжены.

б) Состав стекла должен быть так подобран, чтобы электролиз стекла не был возможен.

в) Стекло не должно иметь каких-либо следов растрескивания.

г) Стекло колбы должно быть прозрачным, бесцветным, свободным от пузырей, пузырей, пятен, трещин, камней и поверхностных изъянов, видимых при непосредственном наблюдении.

а) Внутри колбы, ножки и цоколя не должно находиться незакрепленных или могущих легко отстать от закрепления предметов (кусочков стекла и пр.) Внутри колбы не должно быть надписей.

е) Внутренняя поверхность колбы (после старения по п. 11) должна быть свободной от налета, происходящего от распыления нити накаливания. Допускается лишь налет, различимость которого лежит за пределами непосредственного наблюдения.

Примечание 1. Лампа считается удовлетворяющей требованию п. 5-е, если имеющийся на колбе налет уменьшает прозрачность стенки не более чем на 1,5%.

Примечание 2. У газополных ламп типов № 6 и № 7 допускается небольшой налет от распыления нити накаливания на макушке колбы.

ж) Внутренняя поверхность колбы, столбик, а также внутренняя и наружная поверхность ножки должны быть чистыми (без грязи, пятен и т. д.).

Примечание. Требование это не относится: 1) к пятнам от окисления столбиков химическими реагентами и 2) к незначительному потемнению или едва заметным пятнам от распыления нити накаливания (после старения по п. 11) на столбике.

а) Сжим у ножки должен быть таких размеров, чтобы расстояние между вводными проводниками было не меньше 6 мм.

и) Размеры утолщений на стеклянной палочке должны быть такими, чтобы между соседними крючками расстояние было не меньше 2 мм, а между прямо противоположными — не меньше 6 мм.

к) Метки, знаки, клейма и пр., если в них есть надобность, должны быть наносимы на колбу снаружи так, чтобы их, также и самую колбу, можно было приводить (путем мытья и чистки) в прежнее состояние прозрачности (или непрозрачности) после возможного загрязнения.

л) У колб образцовых ламп освещенности и силы света не должно быть клейм, знаков и пр., которые лежали бы по пути лучей от светящейся нити по направлениям измеряемой силы света и прямо противоположно.

б. Нить накаливания.

а) Нить накаливания должна быть изготовлена из вольфрама; у газополных ламп — из непровисающего вольфрама.

б) Нить в лампе должна быть целой, без разрывов.

в) Поверхность нити должна быть чистой, одноцветной и однообразной по гладкости.

г) Нить должна быть натянута между крючками или так закреплена, чтобы было устранено провисание ее в холодном и нагретом состоянии.

д) Нить должна быть настолько жестко прикреплена к внутренним проводникам и крючкам, чтобы исключалась возможность ее перемещения относительно последних.

е) Длина отрезка нити между соседними крючками или между внутренним проводником и крючком должна укладываться в пределы, указанные в таблице 3.

ж) В лампах типов № 1 и № 2 нить состоит из двух прямолинейных отрезков. Плоскость, образуемая ими, параллельна вертикальной образующей конуса колбы (при вертикальном положении лампы, т. е. при вертикальном положении оси цоколя).

з) В лампах типов № 3, 4, 5, 6 и 7 нить располагается в одной плоскости, с допустимыми отступлениями от нее: $\pm 0,3$ мм для типов № 3 и 4; $\pm 0,5$ мм для типа № 5 и $\pm 0,8$ мм для типов № 6 и 7. Эта плоскость параллельна вертикальной образующей конуса колбы (при вертикальном положении оси цоколя). Все светящееся тело располагается симметрично в колбе относительно продольной плоскости, проходящей через ось колбы и середину светящегося тела.

и) В лампах типов № 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 7 нить должна быть так расположена, чтобы коническая часть колбы была по крайней мере на 5 мм выше

Таблица 1

Световые и электрические характеристики образцовых ламп

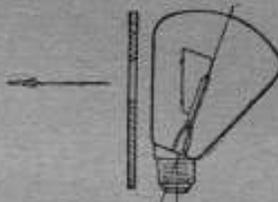
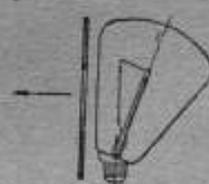
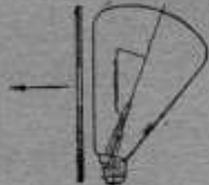
Наименование лампы	Номера типов ламп	Мощность		Сила света		Световой поток		Удельное потребление мощности		Световая отдача	
		Допускаемые пределы мощности	Номинальная	Допускаемые пределы силы света	Номинальная	Допускаемые пределы светового потока	Номинальный	Допускаемые пределы мощности	Номинальная	Допускаемые пределы световой отдачи	
		V (вольты)	W (ватты)	ζ (междууровневые свечи)	ζ (междууровневые свечи)	lm (люмены)		W (ватты на 1 свечу)		lm W (люмены на 1 ватт)	
Однотипные лампы Сила света ¹	1	10	7,50	4,5	5,0	—	—	1,50	1,45	—	—
	2	10	14,0	9	10	—	—	1,40	1,36	—	—
	3	107	51,8	31,5	35	—	—	1,48	1,44	—	—
	4	107	57,8	31,5	35	—	—	1,55	1,50	—	—
	5	107	148	153	100	90	—	1,48	1,44	—	—
Однотипные лампы Световой поток ²	6	107	360	500	500	—	—	0,72	0,70	—	—
	7	107	570	1000	900	—	—	0,57	0,55	—	—
Однотипные лампы Световой поток ²	8	35	18,8	—	—	150	135	—	—	8,0	7,76
	9	107	62,5	—	—	500	450	—	—	8,0	7,76
	10	107	177	—	—	1500	1350	—	—	8,5	8,25
Однотипные лампы Световой поток ²	11	107	125	—	—	1500	1350	—	—	12,0	11,6
	12	107	250	—	—	3500	3150	—	—	14,0	13,6
Однотипные лампы Световой поток ²	13	107	250	—	—	3500	3150	—	—	14,0	13,6
	14	107	250	—	—	3500	3150	—	—	14,0	13,6

¹ Эти лампы могут применяться как образцовые лампы освещенности.

² Лампы этих типов могут применяться как образцовые лампы освещенности лишь в виде исключения, с разрешения ЦУМБ.

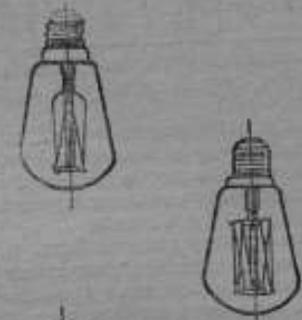
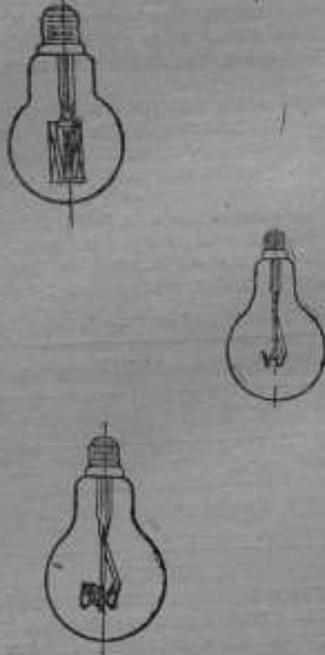
Номера типов ламп	Номи-нальная сила света	Номи-нальный световой поток	Колба	Наибольший диаметр колбы, мм	Наибольшая длина лампы, мм	Нить	Расположение нити	Наибольшие размеры площади, занимаемой нитью накаливания	
	ϵ (между-народные свечи)	lm (люмены)						Ширина мм	Высота мм
1	5	—	Малая кониче-ская	88 (у мл-кушки)	140	Прямая		8	40
2	10	—						8	42
3	35	—	Большая кониче-ская	130 (у ма-кушки)	200	В одной плоско-сти		36	66
4	35	—						39	
5	100	—						39	
6	500	—			210	Винтовая		36	40
7	1000	—						36	40

¹ Допускается также наибольшая высота в 115 мм при цоколе E-27 и

Наибольшие размеры цилиндра, по поверхности которого расположена нить		Наибольшая высота светового центра, мм	Эскиз	Цоколь
Диаметр мм	Высота мм			
		84		Винтовой E-27 (по стандарту на цоколи) с косо сре-занным краем
		105		
		85 ¹		Большой винтовой E-40 (по стандарту на цоколи)

125 мм при цоколе E-40.

Номера типов ламп	Номинальная сила света	Номинальный световой поток	Колба	Наибольший диаметр колбы, мм	Наибольшая длина лампы, мм	Нить	Расположение нити	Наибольшие размеры площади, занимае- мой нитью накаливания		
	с (международные свечи)	lm (люмены)						Ширина мм	Высота мм	
8	—	150	Груше- образная	73	150	Прямая				
9	—	500								
10	—	1500	Шаровая	100	200	По по- верхно- сти ци- линдра				
11	—	1500		160	210					Винтовая
12	—	3500		115	230					

Наибольшие раз- меры цилиндра, по поверхности кото- рого расположена нить		Наибольшая высота светящего центра, мм	Эскиз	Цоколь
Диаметр мм	Высота мм			
34	60	100		Цоколь
34	60	100		
38	75	150		Винтовой Е-27 (по стандар- ту на цо- коли)
25	15	160		
30	20	180		

Номера типов ламп	Длина отрезка нити мм		Номера типов ламп	Длина отрезка нити мм		Номера типов ламп	Длина отрезка нити мм		Номера типов ламп	Длина отрезка нити мм	
	наименьшая	наибольшая									
1	32	40	4	54	65	7	15	20	10	50	65
2	32	42	5	55	65	8	50	57	11	12	18
3	54	66	6	15	20	9	55	60	12	15	20

и на 5 мм ниже горизонтальных плоскостей, проведенных через верхние и соответственно нижние концы нитей (при вертикальном положении плоскости, в которой они заключены).

7. Разрежение. Пустотные лампы, т. е. типа № 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9 и 10, должны иметь достаточно высокий вакуум, чтобы не было хотя бы кратковременного свечения газов в колбе („синевы“) при горении под рабочим напряжением, а также не было свечения в высокочастотном поле Тесла.

8. Токоподводящие части.

а) Наружные проводники должны быть медными, промежуточные проводники — из платины или „платинида“, внутренние проводники — никелевыми.

б) Соединение между собой этих проводников, а также и присоединение нити накаливания должно быть выполнено таким образом, чтобы электрический контакт оказался вполне постоянным (см. п. 14-в).

9. Крючки выполняются из молибденовой проволоки. После отжига ламп (п. 11) на крючках не должно быть налета.

10. Цоколь.

а) Цоколь должен быть изготовлен из латуни.

б) Изоляция цоколя должна быть из стекла. Сопротивление ее должно быть не менее 10 МΩ, что проверяется до крепления цоколя.

в) Расстояние от края контактной пластинки до обоймы должно быть не менее 6 мм.

г) Наружный проводник должен быть так привязан к контактной пластинке, чтобы отверстие было сплошь задито оловом.

11. Старение ламп. Каждая лампа должна быть отожжена в течение 50 часов при напряжении, указанном в таблице 4.

Напряжение для состаривания ламп Таблица 4

Номера типов ламп	Напряжение (в вольтах)
1, 2	10,5
8	36,75
3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12	112,4

Г. МАРКИРОВКА ЛАМП

12. На цоколе каждой лампы отчетливо должны быть отмечены: напряжение, номинальная сила света или номинальный световой поток (со стандартным сокращением электрических и световых единиц; например 107 V—35 с), месяц и год изготовления, $\frac{ОСТ}{ВКС}$ 8273, а также фабричное клеймо.

Д. УПАКОВКА

13. а) Лампы упаковываются чисто вымытыми.

б) Каждая лампа в отдельности завертывается в мягкую обертку, состоящую из четырех или двух слоев белой чистой марли, размером 50×50 см; между слоями марли прокладывается слой чистой ваты, толщиной 1,5—2 см.

в) Лампа, завернутая со всех сторон в мягкую обертку, окружается волнистым картоном, согнутым в цилиндр. Край цилиндра должен не менее чем на 2 см выступать над мягкой оберткой. Вместо цилиндра из волнистого картона можно применить картонную коробку. Обернутая лампа в коробке не должна болтаться при тряске. Расстояние от любой части лампы до стенки коробки должно быть не менее 1—1,5 см.

г) Завернутые, как указано выше, лампы укладываются в прочный деревянный ящик, причем друг от друга и от стенок ящика лампы отделяются сухой стружкой или сухой соломой. Эта прокладка должна пружинить, не давая в то же время болтаться лампам в ящике при тряске.

д) Если лампы отправляются почтой или по железной дороге (а не на руках с нарочным), то ящик отмечается зеленой чертой и отправляется, как с особо бьющимися предметами с пометкой об этом на ящике.

Е. ИСПЫТАНИЯ

14. а) Каждая лампа проверяется на удовлетворение требований с п. 3 по п. 12.

б) Каждая пустотная лампа, т. е. типа № 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9 и 10, испытывается на отсутствие хотя бы кратковременного свечения газов в колбе („сигневу“) при горении под рабочим напряжением и на отсутствие свечения в высокочастотном поле трансформатора Тесла.

в) Каждая лампа испытывается на устойчивость силы тока во время горения при рабочем напряжении: при сотрясении пустотной лампы сила тока ее должна оставаться неизменной в пределах $\pm 0,01\%$, при таком же сотрясении газополной лампы (с винтовой нитью) сила тока ее, измеряемая спустя 2—3 минуты после сотрясения, должна сохраниться неизменной в пределах $\pm 0,05\%$. Сотрясение лампы с неподвижно закрепленным цоколем производится ударом по боковой стороне колбы деревянным дубовым кубиком весом в 6,5 г.¹ Кубик подвешивается на тонкой хлопчатобумажной нитке, длиной 30 см, причем точка подвеса находится над тем местом стенки колбы (ось лампы расположена вертикально), которое соответствует наибольшему диаметру последней. Кубик отводится в сторону от отвесной линии, проходящей через подвес, на 10 см и затем ему предоставляется свободно вернуться к отвесному положению, ударяясь при этом о стенку колбы своей поверхностью. Испытание ударом повторяется пять раз подряд.

Ж. ПОВЕРКА

15. Порядок и сроки проверки образцовых ламп устанавливаются особыми правилами, издаваемыми ЦУМВ.

¹ Сторона кубика около 2 см.

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВНИИМ ДЛЯ ОБРАЗЦОВЫХ И РАБОЧИХ СВЕТОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЛАМП НАКАЛИВАНИЯ

Настоящие технические условия составлены Всесоюзным научно-исследовательским институтом метрологии в развитие ОСТ 8273¹ и согласованы с Электроламповым заводом комбината „Электрозавод“ (в Москве). Они предназначены для руководства при расчете, разработке, изготовлении и при предварительном (перед поверкой) испытании образцовых и рабочих светоизмерительных электрических ламп накаливания с вольфрамовой нитью.

1. Определение. § 1. Светоизмерительными лампами называются лампы, предназначенные для воспроизведения световых единиц.

а) Образцовыми светоизмерительными электрическими лампами накаливания называются лампы, служащие для точного воспроизведения световых единиц при поверке и градуировке светоизмерительных источников света и светоизмерительных приборов, признанные для этих целей годными и выверенные Всесоюзным научно-исследовательским институтом метрологии или его филиалами (см. ОСТ 7636).

б) Рабочими светоизмерительными электрическими лампами накаливания называются лампы, предназначенные для практических целей измерения (см. ОСТ 7636).

2. Классификация. § 2. Предусматриваемые настоящими техническими условиями светоизмерительные лампы по воспроизводимым ими световым единицам разделяются на: а) светоизмерительные лампы силы света (в 5, 10, 35, 100, 500 и 1000 *c*); б) светоизмерительные лампы светового потока (в 150, 500, 1500 и 3500 *lm*).

3. Технические условия. § 3. а) Световые и электрические свойства образцовых ламп должны удовлетворять условиям табл. 1 (см. стр. 131, табл. 1). Они действительны для ламп, предварительно отожженных согласно § 11.

б) Световые и электрические свойства рабочих светоизмерительных ламп также должны удовлетворять данным табл. 1, но допуски для мощности, световой отдачи и удельного

¹ Лампы накаливания электрические образцовые светоизмерительные. Технические условия, ОСТ 8273. Стр. 129.

потребления мощности устанавливаются в $\pm 5\%$ от номинальных значений.

§ 4. а) Размеры образцовых ламп должны удовлетворять данным табл. 2 (см. стр. 132, табл. 2). Коническая часть — в виде усеченного прямого конуса — колбы ламп типов № 1 и 2 должны иметь между осью колбы и образующей конуса угол $16^\circ 30' \pm 20'$; тот же угол для колб ламп типов № 3, 4, 5, 6 и 7 равен $18^\circ \pm 20'$. Образующие конуса должны быть прямыми линиями, причем отклонение от прямой линии не должно превосходить $\pm 0,3$ мм.

б) Размеры рабочих светоизмерительных ламп также должны удовлетворять данным табл. 2, но допуски для углов устанавливаются в $\pm 40'$, а для образующих конуса $\pm 0,6$ мм.

§ 5. Стеклянные части. Пп. а, б, в — см. стр. 129, § 5 пп. а, б, в.

г) Стекло колбы должно быть прозрачным, бесцветным, свободным от свилей, пузырей, пятен, трещин, камней и поверхностных изъянов, видимых при непосредственном наблюдении.

Примечание 1. На колбах рабочих светоизмерительных ламп допускаются незначительные и едва заметные при непосредственном наблюдении свиля, пузыри, царапины и тусклота на поверхности. Однако, у колб ламп типов № 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 7 не должно быть отмеченных недостатков на той части передней стенки колбы, сквозь которую проходит свет от нити накаливания по направлению измеряемой силы света (и освещенности).

Пп. д, е, ж, з, и, к — см. стр. 130, § 5 пп. д, е, ж, з, и, к.

л) У колб светоизмерительных ламп освещенности и силы света не должно быть клейм, знаков и проч., которые лежали бы по пути лучей от светящейся нити по направлениям измеряемой силы света и прямо противоположному.

§ 6. Нить накаливания. (См. стр. 130, § 6).

§ 7. Разрежение. (См. стр. 136, § 7).

§ 8. Токоподводящие части. (См. стр. 136, § 8).

§ 9. Крючки. (См. стр. 136, § 9).

§ 10. Цоколь. См. стр. 136, § 10.

§ 11. Старение лампы. См. стр. 136, § 11.

4. Маркировка ламп. § 12. На цоколе каждой лампы отчетливо должны быть отмечены: напряжение, номинальная сила света или номинальный световой поток (со стандартным сокращением электрических и световых единиц: например 107 V — 35 с), месяц и год изготовления, а также фабричное клеймо.

На цоколе образцовых ламп оставляется место для нанесения клейма: ОСТ 8273.

5. Упаковка. § 13. а) Лампы упаковываются чисто вымытыми.

б) Каждая лампа в отдельности завертывается в мягкую обертку, состоящую из четырех или двух слоев белой чистой марли, размером около 50×50 см; между слоями марли прокладывается слой чистой ваты, толщиной 1,5 — 2 см.

Примечание. Допускается взамен мягкой обертки применять мягкую чистую бумагу. Лампа завертывается в бумагу. После этого она обклады-

вается чистой ватой и вновь мягкой чистой бумагой. При отсутствии ваты лампа завертывается в 2—3 слоя волнистого картона, а не в один, как указано в пункте в.

в) Лампа, завернутая со всех сторон в мягкую обертку, окружается волнистым картоном, согнутым в цилиндр. Край цилиндра должны не менее, чем на 2 см выступать над мягкой оберткой. Вместо цилиндра из волнистого картона можно применять картонную коробку. Обернутая лампа в коробке не должна болтаться при тряске. Расстояние от любой части лампы до стенки коробки должно быть не менее 1—1,5 см.

г) Лампа, окруженная волнистым картоном, завертывается со всех сторон в чистую мягкую оберточную бумагу.

д) Завернутые, как указано выше, лампы в любом нужном количестве укладываются в прочный деревянный ящик. Друг от друга и от стенок ящика лампы отделяются сухой стружкой или сухой соломой. Эта прокладка должна пружинить, не давая в то же время болтаться лампам в ящике при тряске.

е) Слой стружек или соломы выбирается таким, чтобы расстояние любой части одной лампы (т. е. колбы или цоколя) до любой части другой лампы было не менее 15 см, а до стенки ящика — 20 см, если лампы типов № 3, 4, 5, 6 и 7. Для прочих ламп расстояния могут быть уменьшены соответственно до 10 и 15 см.

ж) Если лампы отправляются почтой или по железной дороге (а не на руках с нарочным), то ящик отмечается зеленой чертой и отправляется как с особо бьющимися предметами с пометкой об этом на ящике.

6. Испытания. § 14. а) Каждая пустотная лампа, т. е. лампа типа № 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9 и 10, испытывается на отсутствие хотя бы кратковременного свечения в колбе („синеву“) при горении под рабочим напряжением и на отсутствие свечения в высокочастотном поле трансформатора Тесла.

Примечание. См. в настоящем сборнике, стр. 141, протокол о несогласованных условиях испытаний.

§ 15. а) Определение пригодности каждой светоизмерительной лампы для применения в качестве образцовой производится во ВНИИМ или его филиалах на основании удовлетворения требованиям с § 3 по § 14. Предварительный отбор образцовых и рабочих светоизмерительных ламп может производиться на заводе либо работниками завода (по решению самого завода), либо работниками ВНИИМ и его филиалов по отдельному соглашению с заводом.

б) Представление во ВНИИМ светоизмерительных ламп для определения пригодности их к применению в качестве рабочих светоизмерительных ламп — необязательно.

7. Количество изготавливаемых ламп. § 16. а) Ежегодный выпуск светоизмерительных ламп Электроламповым заводом устанавливается совместно ВНИИМ и заводом на основании выявленной потребности.

б) Соотношение образцовых и рабочих светоизмерительных ламп устанавливается таким:

	Не менее	Не более
в 1936 г.	25% образцовых,	75% рабочих
• 1937 г.	35% •	65% •
• 1938 г. и далее	50% •	50% •

8. Поверка. § 17. а) Каждая образцовая лампа должна представляться для поверки во Всесоюзный научно-исследовательский институт метрологии или его филиалы.

Поверка производится согласно особым правилам (издаваемым по Всесоюзному научно-исследовательскому институту метрологии); о поверке выдается удостоверение (или свидетельство).

б) Поверка рабочих светоизмерительных ламп во ВНИИМ или его филиалах необязательна.

ПРОТОКОЛ

При согласовании „Технических условий для образцовых и рабочих светоизмерительных электрических ламп накаливания“ между ВНИИМ и ламповым заводом Комбината „Электрозавод“ не достигнуто соглашения по следующему вопросу.

ВНИИМ считает (письмо от 22 ноября 1935 г. № НИС 242), что в упомянутых технических условиях должны содержаться следующие правила:

§ 14. б) Каждая лампа испытывается на устойчивость силы тока во время горения при рабочем напряжении: при сотрясении пустотной лампы сила тока ее должна оставаться неизменной в пределах $\pm 0,01\%$; при таком же сотрясении газополной лампы (с винтовой нитью) сила тока ее, измеренная спустя 2—3 минуты после сотрясения, должна сохраниться неизменной в пределах $\pm 0,05\%$. Сотрясение лампы с неподвижно закрепленным цоколем производится ударом по боковой стороне колбы деревянным дубовым кубиком, весом в 6,5 г.¹ Кубик подвешивается на тонкой хлопчатобумажной нитке, длиной 30 см, причем точка подвеса находится над тем местом стенки колбы (ось лампы расположена вертикально), которое соответствует наибольшему диаметру последней. Кубик отводится в сторону от отвесной линии, проходящей через подвес, на 10 см и затем ему предоставляется свободно вернуться к отвесному положению, ударяясь при этом о стенку колбы своей поверхностью. Испытание ударом повторяется пять раз подряд.

Примечание 1. Выполнение испытаний по п. б на заводе, изготовляющем образцовые лампы, обязательно. В течение 1936 и 1937 гг. испытания производятся ВНИИМ.

¹ Сторона кубика около 2 см.

2. Пределы допустимых изменений тока для рабочих светоизмерительных ламп в два раза более указанных в п. б для образцовых ламп. Удар кубиком для рабочих светоизмерительных ламп может быть заменен легкими ударами (от руки) небольшой деревянной палочкой.²

в) Каждая лампа испытывается (после старения по § 11) на устойчивость силы света или светового потока следующим образом. После того как световой поток или сила света предварительно измерены, лампа выключается и спустя 5 минут для пустотной лампы и 10 минут для газополной подвергается двукратному удару, как указано выше (см. п. б). Повторное затем измерение светового потока или соответственно силы света не должно отличаться от первоначального измерения более, чем на $\pm 0,5\%$ у пустотной лампы (с прямой нитью) или более, чем на $\pm 1,5\%$ у газополной (с винтовой нитью).

г) Испытание каждой лампы на постоянство светового потока или силы света производится следующим образом. После первоначального измерения светового потока или силы света лампы она должна прогореть при напряжении, указанном в § 11, в течение 50 часов. Повторное измерение светового потока или силы света не должно отличаться от первоначального более чем на $\pm 0,6\%$ у пустотной лампы (с прямой нитью) и более чем на $\pm 2\%$ у газополной (с винтовой нитью). Сила тока после горения не должна изменяться более чем на $\pm 0,05\%$ у пустотной лампы (с прямой нитью) и более чем на $\pm 0,1\%$ у газополной (с винтовой нитью).

Примечание. Испытание ламп согласно пп. в и г не является для завода обязательным. Эти испытания производятся во ВНИИМ и его филиалах в случаях особой в том надобности согласно правилам для проверки (см. § 17), или в случаях отдельной договоренности завода и ВНИИМ, или в случаях необходимости изменения световых и электрических свойств ламп и др.

Электроламповый завод считает (письмо от 15 декабря 1935 г. № 166/504), что включение изложенных выше пунктов будет возможно лишь тогда, когда завод сможет производить требуемые ими испытания.

Декабря 30 дня 1935 г.

² Длина — около 18 см, диаметр — около 0,7 см (вместо палочки может быть взят карандаш в деревянной оболочке).

ПРАВИЛА № 160¹ НА „ЛАМПЫ НАКАЛИВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ОБРАЗЦОВЫЕ СВЕТОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ“

**СПЕЦИФИКАЦИЯ НА „ЛАМПЫ НАКАЛИВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ОБРАЗЦОВЫЕ СВЕТОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ“
ПО (ОСТ/ВКС 8273).**

Настоящие правила устанавливают порядок и сроки поверки образцовых светоизмерительных ламп (ОСТ/ВКС 8273) во ВНИИМ и его филиалах.

А. Общие метрологические требования и порядок поверки ламп

1. В течение первого года после изготовления лампа может применяться лишь как (рабочая) измерительная лампа.

По истечении года, если лампа подвергалась испытаниям по п. 2 настоящих Правил и их выдержала, она может быть признана образцовой.

2. Испытания производятся следующим образом. Каждая лампа после старения (см. п. 11 ОСТ/ВКС 8273) подвергается следующим операциям.

После того, как световой поток или сила света предварительно измерены, лампа выключается и, спустя 5 минут для пустотной лампы и 10 минут для газополной, подвергается двукратному удару, как указано в п. 14-в ОСТ/ВКС 8273. Повторное, затем, измерение светового потока или соответственно силы света не должно отличаться от первоначального измерения больше чем на $\pm 0,5\%$ у пустотной лампы (с прямой нитью) и более чем на $\pm 1,5\%$ у газополной (с винтовой нитью).

После первоначального измерения светового потока или силы света лампа должна прогореть при напряжении, превышающем рабочее на 5% , в течение 50 часов. Измерение светового потока или силы света после этого не должно отличаться от первоначального более, чем на $\pm 0,6\%$ у пустотной лампы (с прямой нитью) и более чем на $\pm 2\%$ у газополной (с винтовой нитью). Сила тока после горения не должна измениться более чем на $\pm 0,05\%$ у пустотной лампы (с прямой нитью) и более, чем на $\pm 0,1\%$ у газополной (с винтовой нитью).

3. Если со времени изготовления лампы прошло два года и она поверялась во ВНИИМ или его филиалах не менее двух раз с промежутком между этими поверками в один год, причем лампа прогорела в течение этого времени не менее десяти часов, и если при этом разница в световом потоке (или освещенности или силе света) и силе тока для двух указанных поверок не превосходит пределов, указанных в п. 2 настоящих правил,

¹ По Главному управлению мер и весов НКВД СССР.

то данная лампа может быть признана образцовой и без испытаний, предусмотренных в означенном пункте.

4. Если у ВНИИМ, или его филиалов, или у заказчика возникают сомнения в том, удовлетворяют ли лампы требованиям данных правил или вообще, применимы ли они в качестве образцовых, то лампы подвергаются после первой поверки повторным измерениям через 1,5 и 3 месяца выдержки их во ВНИИМ или его филиалах. Лампы считаются пригодными для применения в качестве образцовых, если световой поток (или освещенность, или сила света) сохраняется при этом постоянным в пределах $\pm 0,2\%$ от среднего значения трех поверок.

5. Сила света образцовых ламп вычисляется по освещенности, измеренной на таком расстоянии от лампы до испытательной пластинки, на котором она равняется 1,5 миллифота. При этом, как общее правило, сила света вычисляется в предположении, что светящееся тело является точкой.

6. Световой поток образцовых ламп до 5 000 *lm* измеряется в фотоизмерительном шаре, диаметром в 1—1,5 м; свыше 5000 *lm* — в шаре, диаметром 1,5—2 м.

Б. Сроки поверки

а) Продолжительность пользования между поверками.

б) Срок действия поверки.

7. После такой продолжительности пользования образцовыми лампами, когда световой поток или сила света изменяются на $\pm 0,2\%$, поверка их считается утратившей силу (см. п. 4). Причем, если скорость изменения светового потока или силы света была по желанию заказчика предварительно определена ВНИИМ, или его филиалами, то продолжительность пользования образцовыми лампами устанавливается на основании этой скорости. Если же последняя не определена, то продолжительность пользования устанавливается ВНИИМ или его филиалами (на основании своего опыта и статистических данных) в пределах от 5 до 15 часов.

По истечении года поверка считается утратившей силу, если даже общая продолжительность пользования образцовой лампой не достигает назначенного при поверке срока.

В. Документы о поверке, клеймение

8. На образцовую лампу после поверки выдается свидетельство; сама лампа при этом снабжается клеймом ВНИИМ или его филиалов. На ней же обозначается номер по Эталонной фотометрической лаборатории ВНИИМ или по его филиалам и год поверки. Срок годности свидетельства — один год.

9. На (рабочую) фотоизмерительную лампу после поверки выдается удостоверение; лампа клеймится, как и выше. Срок годности удостоверения — один год.

пи-

роз-
ням
об-
ор-
ИМ
не-
ве-
ным

сти,
ной
ом,
ии,

тся
ше

ими
на
ри-
ета
ИМ,
раз-
сти.
ль-
но-
от

ели
пой

ль-
или
ной
лам

рки
оок

Цена 12 руб.

СКЛАД ИЗДАНИЯ
Ленинград 5. Международный проспект, д. 19.
ВНИИМ