

Стр.

6 399

ИССЛЕДОВАНИЕ ШТРИХОВЫХ МЕР И ПРИБОРОВ К НИМ

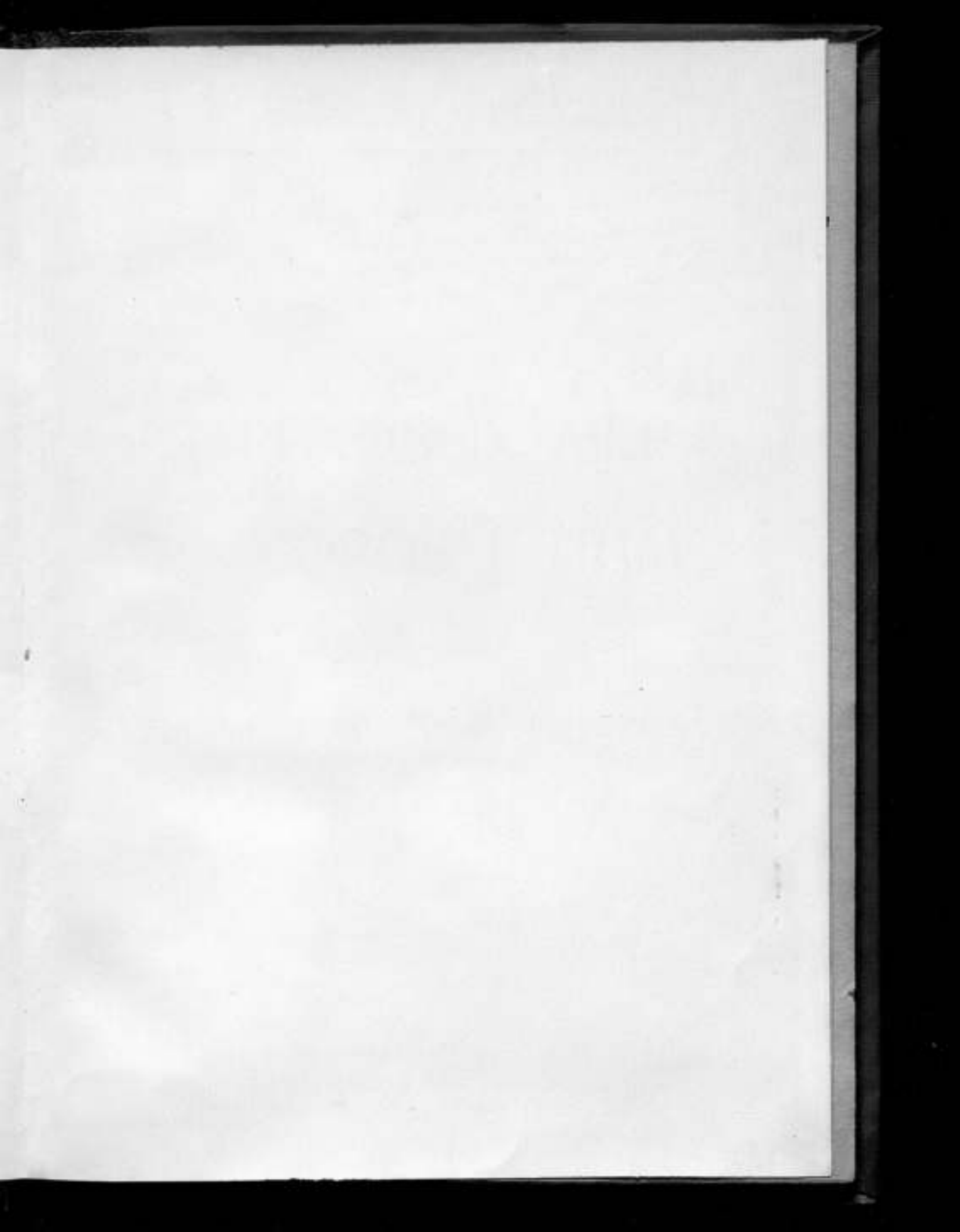
ТРУДЫ ВСЕСОЮЗНОГО НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА
МЕТРОЛОГИИ И СТАНДАРТИЗАЦИИ

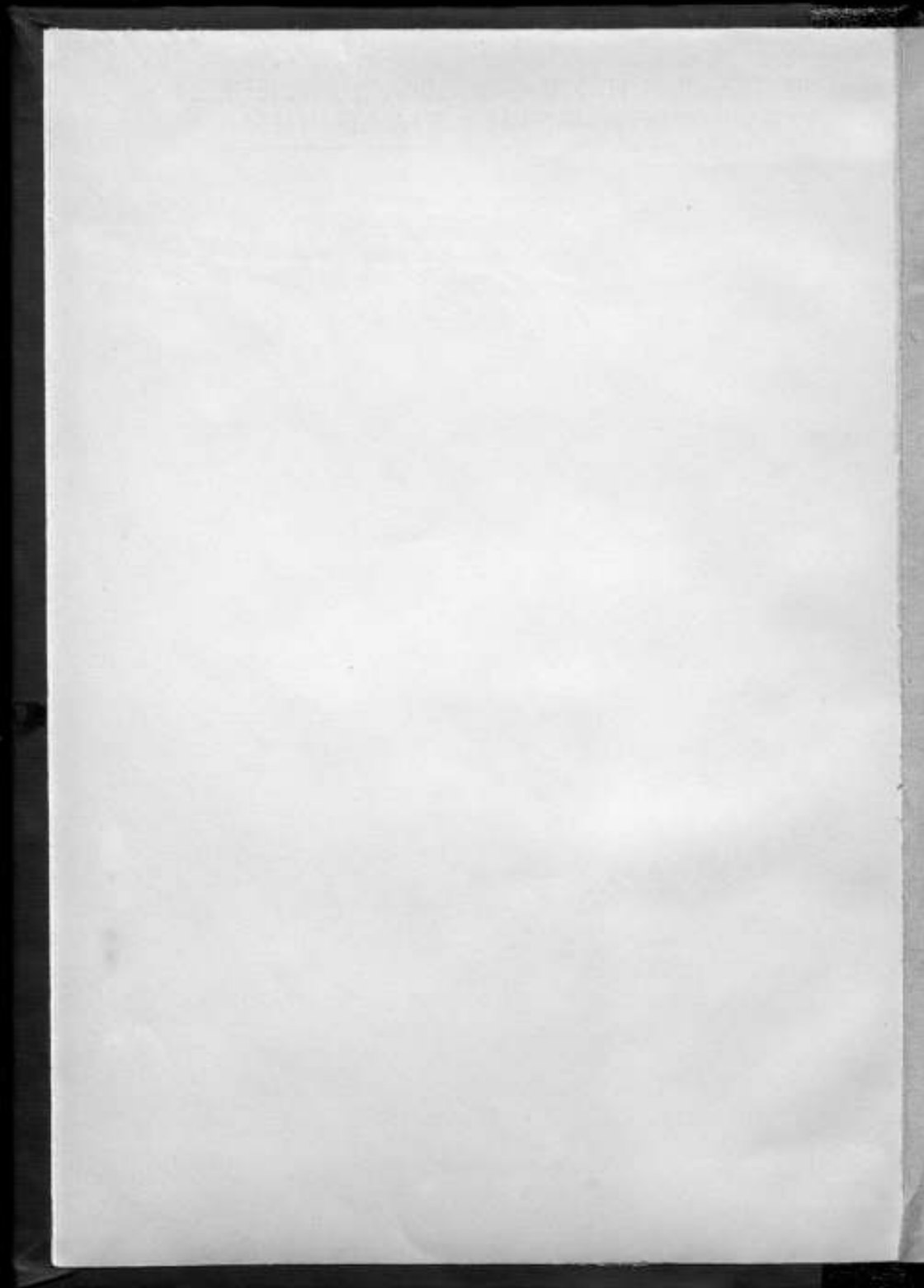
ВЫПУСК 5 (21)

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
СТАНДАРТИЗАЦИЯ И РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ

1934

Зноука





6 3992a

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ и СТАНДАРТИЗАЦИИ

ТРУДЫ

Выпуск 5 (21)

*Губернаторская печать
Николаевской губернии
На добрую память от атамана
25/5/1934г. М. Губернатор*

ИССЛЕДОВАНИЕ ШТРИХОВЫХ МЕР И ПРИБОРОВ К НИМ

СБОРНИК СТАТЕЙ

TRAVAUX DE L'INSTITUT DE MÉTROLOGIE
ET DE STANDARDISATION DE L'U.R.S.S.

Livraison 5 (21)



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
СТАНДАРТИЗАЦИЯ и РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ
ЛЕНИНГРАД 1934 МОСКВА

[Faint, illegible handwritten text, possibly bleed-through from the reverse side of the page.]

ЧЕТЫРЕХМЕТРОВЫЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ КОМПАРАТОР

Н. И. А да м о в и ч

Введение

Четырехметровый геодезический компаратор ВИМС построен швейцарской фирмой „Женевское общество физических инструментов“, доставлен в Ленинград в 1924 г. и собран средствами ВИМС.

Зал, в котором находится компаратор, имеет в длину 12,4 м, в ширину 7,2 м и в высоту 3,6 м. В наружной стене зала имеется четыре окна, под которыми проходят трубы водяного отопления.

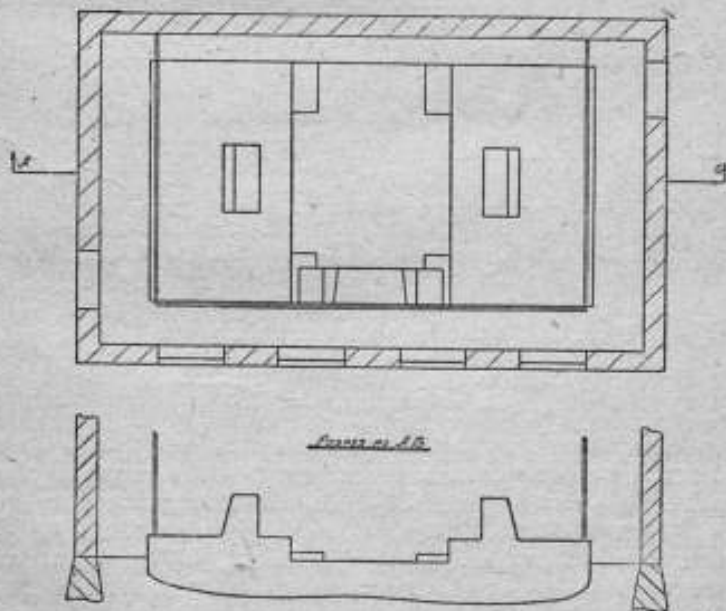


Рис. 1. План компараторного зала.
В восточной стене зала показаны четыре окна, отделенные от компаратора деревянным наполовину застекленным каркасом, доходящим вплотную до западной капитальной стены.

Fig. 1. Salle du comparateur.

На рис. 1 схематически представлен план компараторного зала.

Бетонный массив, на котором установлен компаратор, имеет в длину около 10 м, а в ширину около 5,4 м. Глубина же его фундамента составляет около 5 м.

Пол компараторного зала покоится не на массиве, а на балках, заделанных в стены здания и, следовательно, не передает компаратору никаких внешних сотрясений самого здания.

Бетонные массивные столбы, на которых лежит балка с микроскопами, одеты деревянными чехлами, стоящими на полу и не касающимися этих устоев.

Основные требования предъявляемые к конструкции компаратора

Идея компаратора, служащего для измерения штриховых мер длины, предложена английским физико-механиком Траутоном и заимствована им из конструкции обще-

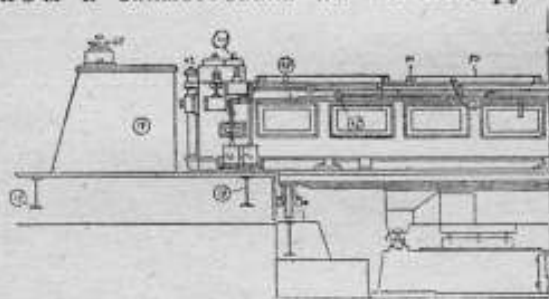


Рис. 2. Фасад левой части компаратора.

Fig. 2. Partie gauche d'unéauge du comparateur

известного штангенциркуля причем роль мерительных поверхностей выполняется в компараторе оптическими осями микроскопов, что значительно повышает точность измерений.

В виду того, что при помощи компаратора производятся сличения таких мер, длина которых определяется расстоянием между осями двух штрихов, нарезанных делительной машиной на высокополированной поверхности стержня, то микроскопы компаратора снабжаются окулярными микрометрами, служащими для определения относительно положения делений, наблюдаемых на этих мерах. При помощи целесообразно устроенного компаратора можно не только измерять маленькие разности в длине мер, когда

они находятся при одной и той же температуре, но также определять их тепловое расширение, для чего исследуе-

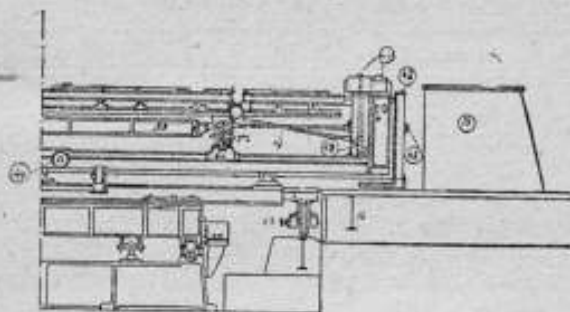


Рис. 3. Разрез правой части компаратора.

Fig. 3. Partie droite d'une auge.

мая мера должна сливаться с эталоном при разных температурах.

Отсюда ясно, что существенными частями компаратора являются приспособления, предназначенные: во-первых, для правильного расположения сличаемых мер; во-вторых, для

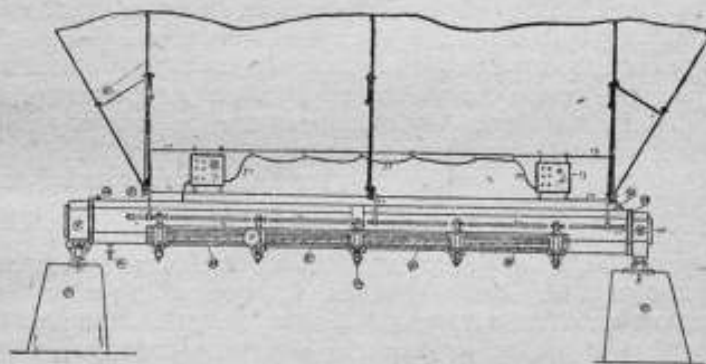


Рис. 4. Тяги, поддерживающие поручень.

Fig. 4. Bielles soutenant une barre pour l'observateur.

перемещения мер в направлении перпендикулярном их осям, и в-третьих, для точного измерения малых разностей в длине этих мер.

В силу этого, к компаратору предъявляются следующие основные требования.

1) Микроскопы компаратора должны в процессе сличения мер длины оставаться совершенно неподвижными, и в конструкции прибора должны быть предусмотрены приспособления, исключающие всякую возможность изменения их положения во время работы.

2) Конструкция компаратора должна быть такова, чтобы все операции, необходимые для сличения мер, могли быть выполнены по возможности в такой короткий период времени, в течение которого неизбежные изменения расстояния между микроскопами или теплового состояния как самого компаратора, так и сличаемых мер не оказывали заметного влияния на результат сличения.

3) Все необходимые в процессе работы перемещения мер должны происходить так, чтобы искажения в их положении были по возможности меньше и не влияли на результаты сличения.

Все указанные требования в нашем компараторе выполнены полностью.

Основная станина и подвижная тележка компаратора

Станина состоит из двух несимметричных частей коробчатого сечения, представляющих собою два продольных лежня, связанных тремя поперечинами, которые скрепляются между собою при помощи болтов. На поверхности продольных лежней станины привинчены направляющие рельсы, имеющие форму желоба, образованного двумя шлифованными плоскостями, наклоненными друг к другу под углом, близким к прямому. Означенные рельсы служат ложем для шариковых опор тележки.

Протяжение станины по направлению длины рельс равняется 4,5 м; расстояние же между рельсами немного более 2 м (2,04 м).

После тщательной регулировки обеих частей станины ее три поперечины были плотно пригнаны друг к другу и свинчены. Продольные же кромки лежней станины были притянуты к бетонному массиву болтами (длиною до 0,5 м) и залиты бетоном.

На желобообразные рельсы станины положены две стальных рамы или кулисы длиной около 2,6 м с бронзовыми кольцами, служащими гнездами для опорных шаров благодаря чему, последние всегда остаются на неизменном расстоянии один от другого. Вышеупомянутые кулисы удерживаются на станине при помощи трех пар дискообразных реборд. В каждой кулиссе имеется 13 гнезд, в которые вложены высокополированные стальные шары с диа-

метром в 8 см. Диаметры всех шаров равны между собою с точностью до 2—3 микрон.

Расстояние между центрами крайних шаров равно 2,46 м, а между каждой парой шаров — 0,205 м.

На вышеупомянутых двух рядах шаров (по 13 в каждом) и перемещается вся подвижная система компаратора, весящая около 15 т, т. е. тележка и лежащие на ней ванны, наполняемые при работе водою.

Боковой вид тележки представляет на рис. 5.

Одна сторона прямоугольной рамы тележки имеет длину 2,14 м, а другая — 1,8 м. Наибольшая толщина придана тем частям корпуса тележки, на которых установлены ванны компаратора. В этих местах толщина рамы *b* равняется 28 см.

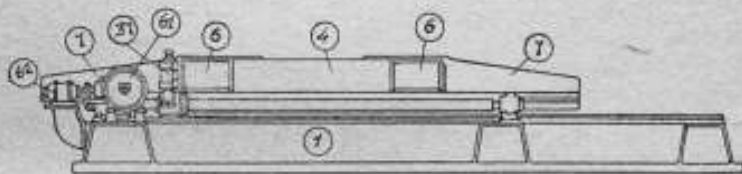


Рис. 5. Подвижная тележка компаратора.
Fig. 5. Chariot roulant.

Более короткие стороны прямоугольной рамы снабжены четырьмя как бы свешивающимися продолжениями (по 90 см), которые необходимы для того, чтобы передать нагрузку на все шары каждой стороны 7. Вследствие этого, тележка в направлении с востока на запад имеет протяжение в 3,6 м.

Эти удлиненные стороны тележки снизу снабжены высокополированными рёльсами из специальной высокосортной стали. Северный рельс имеет форму опрокинутого желоба и опирается на шары, поддерживающие тележку, двумя плоскостями, наклоненными под прямым углом друг к другу. Этот рельс в плоскости своего дна прикреплен к телу тележки 12 винтами. Южный рельс тележки представляет собою хорошо шлифованную плоскость, плотно прилегающую ко всем 13 шарам, на которых она лежит.

Тележка может быть приведена в движение электромотором (постоянного тока $\frac{3}{4}$ квт), вращающим винт, пропущенный через гайку, неизменно связанную муфтой с телом тележки 4 (рис. 6).

Гайка снабжена снизу бронзовым ползунком скользящим при перемещении тележки в строго прямолинейных пазах направляющей полосы, привинченной к поверхности северного продольного лежня станины.

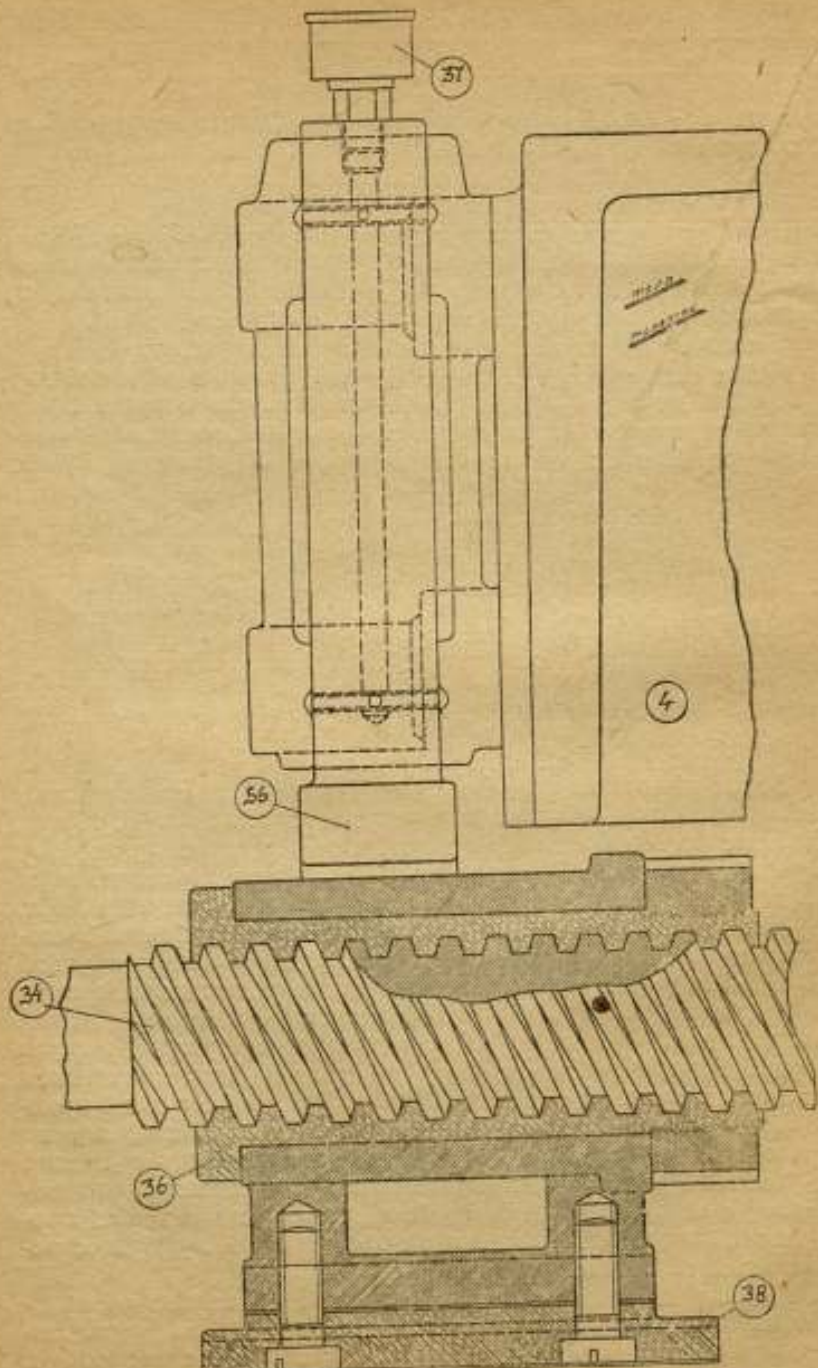


Рис. 6. Винт, передающий движение всему компаратору.
 Fig. 6. Vis de translation.

Винт, при своем вращении перемещающий тележку, имеет длину в 2,8 м и внешний диаметр в 6 см. Прямоугольная нарезка его сделана по длине 2,4 м. Западный конец винта связан с червячной передачей от мотора, а противоположный конец его лежит на подшипнике, расположенном на восточной поперечине станины в том месте, где заканчивается паз, по которому движется ползунок гайки.

Винт входит в гайку через муфту, притянутую к телу тележки четырьмя болтами и снабженную масляной Шт а у ф ф е р а.

На боковой поверхности северной части станины установлено довольно простое устройство приспособление, при помощи которого тележка при своем перемещении в ту или в другую сторону может автоматически выключать ток к мотору, когда она доходит до своего предельного положения (рис. 14).

Означенный прерыватель тока (рис. 14) установлен на расстоянии 1,5 м от восточного края станины на деревянном консоле, притянутом к северному боку лежащей, и состоит из стальной вилки, вращающейся около оси на небольшой угол в обе стороны под давлением одного из двух пальцев, заделанных в тело тележки. Один из пальцев действует при движении тележки в одну сторону, а другой—при движении ее в другую сторону.

К муфте, соединяющей гайку с телом тележки, прикреплен вилкообразный хомутки, снабженный тягою (длиною в 103 см),

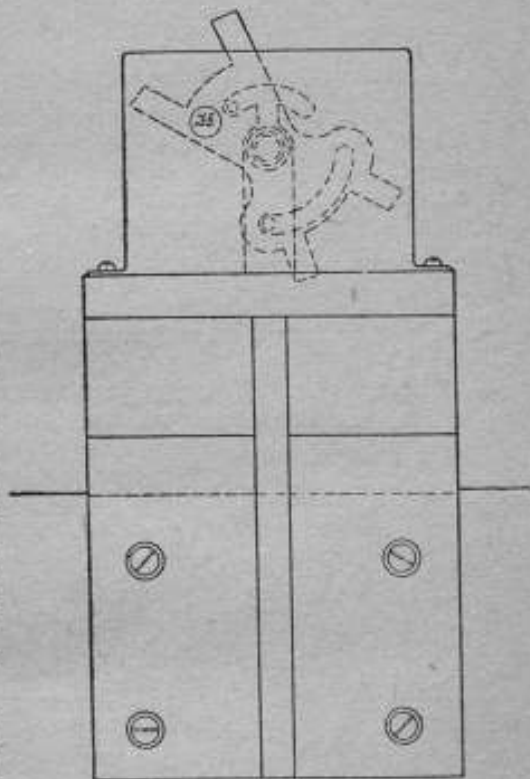


Рис. 7. Автоматический выключатель электрического тока к мотору, вращающему винт.

Fig. 7. Interrupteur automatique.

которая соединяется с нижней частью кронштейна, при-
тянутого к раме, поддерживающей две подвижные платформы

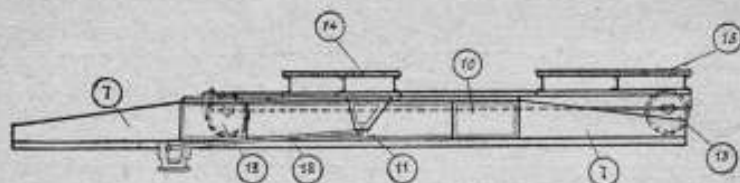


Рис. 8. Рама, несущая две платформы.
Fig. 8. Montage des planchets roulants.

(рис. 8) для наблюдателя. Одна из платформ находится
перед широкой (восточной) ванной, а другая — перед
узкой (западной).

Балка, поддерживающая микроскопы

Балка (рис. 9), поддерживающая микроскопы компа-
ратора, изготовлена из одного куска литой стали

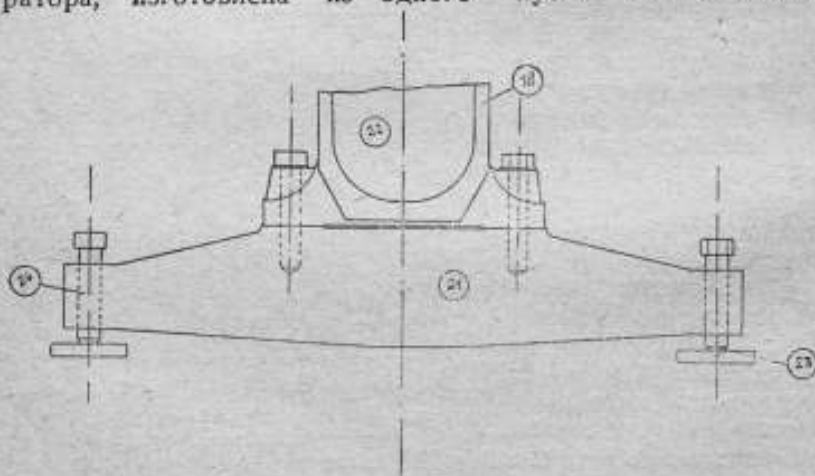


Рис. 9. Левый конец балки.
Fig. 9. Bout gauche de la perche.

и обшита деревом. Она имеет в длину 585 см, в высоту
43 см и в ширину 26 см. Несмотря на то, что внутри балки
имеется полость (580 см × 36 см × 22 см) она весит около
3 т.

Балка опирается на два бетонных столба (рис. 3) образующих одно целое с массивом фундамента. Опоры балки, расположенные на расстоянии 564 см одна от другой, устройства не одинаково. Левый конец балки лежит на башмаке, заделанном в бетонный столб. Между балкой и башмаком имеется промежуточная прокладка (рис. 9), снабженная двумя лапками (толщиной 10 см), через которые пропущены два опорных болта.

Прокладка (толщиной в 18,5 см) свою длину (в 81 см) расположена перпендикулярно к оси балки и свинчена с соответственным ее приливом четырьмя болтами (с диаметром в 3 см).

Опорные болты, пропущенные через лапки прокладки имеют диаметр в 3,5 см и длину в 18 см, и снабжены трехугольной нарезкой. Концы этих опорных болтов закалены и имеют неодинаковые очертания. Конец одного болта (восточного) закруглен, а другого—срезан плоскостью, перпендикулярно к его оси. Болт с закругленным концом (рис. 9) входит в небольшое углубление, сделанное в теле башмака, а другой (рис. 9)—скользит по шлифованной поверхности. В дальнейшем изложении левый конец балки будем называть закрепленным, а правый подвижным, так как он имеет шаровую опору (рис. 10).

Опорный шар (диаметром в 8 см) у правого конца балки лежит между двумя прокладками (из закаленной стали), снабженными щеками, образующими угол с вертикалью 45°. Верхняя прокладка заделана в тело балки, а нижняя (имеющая размер в направлении оси балки в 15 см) лежит между четырьмя регулировочными винтами башмака, заделанного в тело бетонного столба.

Балка по всей длине (с передней стороны) снабжена хорошо шлифованными пазами (рис. 10), по которым можно передвигать пять суппортов для микроскопов. Шлифовка пазов настолько совершенна, что при перемещении суппортов микроскопов отклонение их от прямой линии не пре-

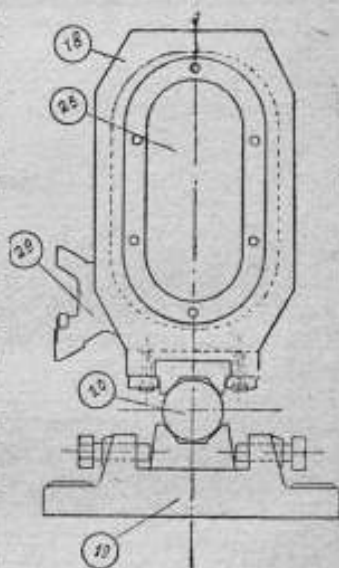


Рис. 10. Правый конец балки.

Fig. 10. Bout droit de la perche.

восходит 0,1 мм. Для такого перемещения их служит латунная кремальера (рис. 10) длиной 424 см, параллельно которой снизу прикреплен мельхиоровая линейка (рис. 4), разделенная во всю длину на миллиметры (2440 мм). Эта линейка составлена из двух частей, а кремальера — из трех. Наличие линейки облегчает установку микроскопов на желаемое расстояние между их осями (минимум 20 см).

Полость балки (рис. 9) емкостью 0,42 м³ предназначена для наполнения ее жидкостью с целью повышения теплоемкости, а следовательно и понижения расширения балки при небольших колебаниях температуры в компараторном зале. Для наливания жидкости имеется сверху (в 29 см от левого конца балки) отверстие (рис. 4), закрываемое ввинчивающейся пробкой, а для выпуска — снизу небольшой кран (на том же конце балки).

Микроскопы

Микроскопы (рис. 4) в количестве пяти штук удерживаются на балке суппортами, входящими в ее пазы выступающей частью, имеющей форму ласточкина хвоста. Эта часть суппорта может быть плотно пригнана к пазам при помощи клинообразных вкладышей и прочно зажата закрепительными винтами. Пока зажимные приспособления суппорта не закреплены, его можно перемещать в пазах вдоль балки при помощи кремальеры, для чего на ось, перпендикулярную телу суппорта, насаживается маховичок (диаметром 20 см), на вращение которого требуется работа, не превосходящая 0,1 кг/м.

Для соединения микроскопа с суппортом служит пластина (12 см × 18 см), притягиваемая к суппорту четырьмя подтяжными винтами и снабженная трубчатым приливом (с разрезом), имеющим длину около 20 см и диаметр в 4,5 см. Тубус микроскопа пропускается через этот прилив, и в нем зажимается двумя винтами, отстоящими один от другого на расстоянии 14 см.

Каждый из пяти микроскопов компаратора имеет общую длину около 50 см и увеличение около 100. Объективы микроскопов изготовлены фирмой Koristka. Диаметр свободного отверстия объектива равняется 16 мм, а численная апертура 0,12. Расстояние от фронтальной линзы объектива до разделенной поверхности меры, рассматриваемой через микроскоп, равно приблизительно 6 см. Благодаря этому сличаемые меры при измерении всегда

можно прикрывать солидными латунными крышками, в которых сделаны только небольшие отверстия (с диаметром в 4 см) обычно закрываемые съемными латунными пластинками. Поле зрения микроскопов немного меньше 1,8 мм.

Камеры микрометров геодезического компаратора имеют размеры 9 см × 6 см × 1,2 см. Верхняя трубка, содержащая окуляр, вставлена в пластинку, которую можно кремальной перемещать в пазах верхней грани камеры, что представляет собою большое удобство, когда приходится рассматривать изображение на краях поля зрения микроскопа. Диаметр барабана микрометра равен 4,5 см. На боковой поверхности его сделано 100 равноотстоящих делений. Благодаря значительному размеру диаметра барабана, каждое деление его представляется достаточно большим, чтобы его можно было на глаз делить еще на десять частей. На ось барабана (в расстоянии 1 см от него) насажено латунное кольцо (диаметром 3,7 см), несущее на себе диск из фибры с диаметром 8 см. Этим фибровым диском и пользуется наблюдатель, когда он при измерениях наводит биссектор на рассматриваемый через микроскоп штрих меры, благодаря чему исключается передача тепла от его руки телу микрометра.

Когда надлежащее положение трубки с микрометром в тубусе микроскопа было найдено, трубка была плотно зажата и на ее боковой поверхности сделана метка; при всех последующих работах на компараторе это положение трубки не менялось.

Изучению подверглись три микрометра, в дальнейшем обозначаемые I, III и IV. Из двух независимых серий измерений, произведенных в 1925 г. двумя наблюдателями, сделавшими свыше 6000 отчетов по барабанам микрометров, были получены следующие значения в микронах цены одного деления:

I	1,00074 ± 0,00015	микрона
III	1,00095 ± 0,00024	"
IV	0,99998 ± 0,00016	"

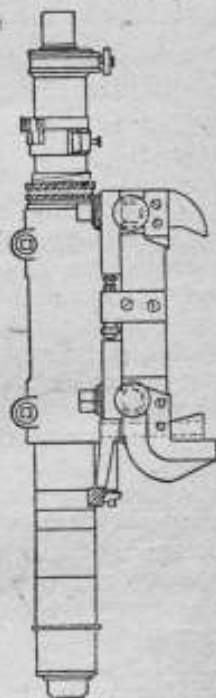


Рис. 11. Микроскоп с микрометром на балке.
Fig. 11. Microscope with micrometer.

Освещение в микроскопах осуществлено при помощи вертикального иллюминатора, который дает достаточно равномерное освещение независимо от того, будет ли поверхность, на которой штрихи нарезаны, матовой или полированной как зеркало.

Электрический ток, питающий лампы, получается от общей осветительной сети и пропускается через соответственно подобранный редуктор, расположенный на балке, поддерживающей микроскоп (рис. 4).

Ванны

Тележка компаратора несет на себе две латунных ванны (рис. 14), все стенки которых имеют толщину не менее 5 мм.

Означенные ванны наполняются водою, в которую погружаются меры с той целью, чтобы при сличении их легче достичь, по возможности, надежного постоянства температуры. В виду того, что в ваннах нет никаких частей, изготовленных из железа или стали, сличаемые меры можно оставлять в холодной воде довольно продолжительное время без всякого риска повредить их штрихи и поверхности.

Обе ванны снабжены двойными стенками, причем промежуток между ними (шириною 9 см и глубиною 49 см) при сличениях мер также наполняется водою, которая предохраняет массу воды, заключающуюся во внутренней ванне, от теплообмена с окружающим пространством. Ванны имеют одинаковые размеры в длину (440 см) и в глубину (40 см), в ширину же одна (восточная) имеет 61 см, а другая (западная) — 49 см. Следовательно, емкость первой равняется 1,07 кл, а второй — 0,87 кл.

Как сами ванны, так и промежутки между стенками их прикрываются солидными латунными крышками, обшитыми дубом. В краях крышек, свободных от дерева, и в частях, которыми крышки прилегают одна к другой, через каждый метр, а также по концам, сделаны круглые отверстия диаметром 4 см для наблюдения штрихов через микроскопы. При сличении мер крышки остаются на своих местах, не препятствуя перемещениям ванн под микроскопами.

Для установки сличаемых мер в ваннах устроены специальной конструкции три латунных балки, из которых две в широкой ванне, а одна — в узкой (рис. 12). Для удобства изложения балку узкой (западной) ванны обозначим № 1, а балки, лежащие в широкой (восточ-

ной) ванне — № 2 и № 3, причем № 3 считается балка ближайшая к наблюдателю, когда он стоит перед широкой ванной.

Балки (длиною около 400 см и шириной 7,5 см) имеют корытообразную форму и без каких бы то ни было закреплений лежат на суппортах, гарантирующих устойчивость и постоянство их положения. Каждая балка опирается на суппорты только тремя винтами, регулировкой ко-

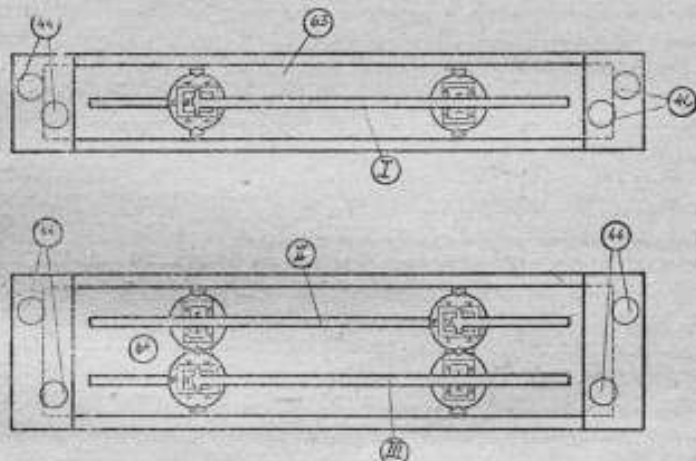


Рис. 12. Расположение балок, поддерживающих в ваннах сличаемые меры длины.

Fig. 12. Porte-règles dans les auges.

торых можно легко достигнуть совершенной горизонтальности ее.

Балки имеют такое устройство, что при помощи соответствующих моторов можно каждой из них сообщать небольшое перемещение в продольном и поперечном направлениях, а также подымать их и опускать. Упомянутые моторы (рис. 2) прикреплены снаружи каждой ванны при помощи металлических башмаков, привинченных к наружным стенкам деревянных ящиков, в которые ванны вставлены.

Оба конца каждой балки имеют перемещение по вертикальному направлению, расположение же приспособлений для их регулировки в продольном и поперечном направлениях различно, а именно: балки № 1 и № 3 лежат своими левыми концами на суппортах, перемещаемых по длине, правые же суппорты их можно перемещать в поперечном (азимутальном) направлении. У балки № 2 расположение суппортов противоположно указанному.

Перемещение по вертикальному направлению осуществляется винтовой стойкой (рис. 14), заделанной в камеру, притянутую ко дну ванны. Продольное перемещение происходит на двух катках, насаженных на ось, пропущенную через корытообразное тело балочки. Левый каток катится по гладкой поверхности, а правый — по узкому углублению (длиною в 40 мм), служащему направляющей. Азимутальное перемещение балки передается поперечным винтом, не показанным на рис. 14, и смещающим верхнюю часть суппорта, на которую опираются вышеупомянутые два катка.

Указанные передачи осуществляются при помощи системы трубчатых валов (рис. 3) вручную коническими зубчатыми. Для приведения этих валов во вращение рукою, снаружи ванны по длине ее проложен стержень, составленный из пяти отдельных частей (три части по 86 см, одна в 50 см и одна в 30 см), соединенных между собою шарниром Гукка. Этот составной стержень снабжен по обоим концам зубчатой муфтой, которую наблюдатель может по своему усмотрению привести в сцепление с регулировочным механизмом или выключить ее. При сцеплении с левой муфтой получается перемещение балки по длине, а при сцеплении с правой — по азимуту. У восточного борта широкой ванны имеется два составных стержня, расположенных один под другим. Нижний стержень включает механизм, перемещающий балочку или по длине или по азимуту, а верхний — включает механизм, действующий на левый или на правый конец балки, перемещая ее стойки в вертикальном направлении. Наличие такого приспособления дает наблюдателю возможность производить необходимую регулировку сличаемых мер не сходя с места, у какого бы микроскопа он не находился в этот момент, т. е. без потери времени на свое перемещение вдоль балки микроскоподержателя, что благоприятствует повышению темпа работы. Один оборот маховичка дает перемещение по высоте на 0,1 мм, а по длине и азимуту — на 0,2 мм.

В виду того, что в широкой ванне имеется две балочки, западный борт ее снабжен также двумя составными стержнями, действующими на балку № 2. Стержни балки № 2 имеют тождественное устройство с тою лишь разницею, что все их маховички вращаются в горизонтальной плоскости, а не в вертикальной, как у восточного борта. Направление оси у маховичков изменено с тою целью, чтобы облегчить наблюдателю, находящемуся у восточного борта ванны, манипуляцию регулировки балки № 2, что при ширине ванны в 0,7 м довольно затруднительно. Верхний составной стержень

жень у западного борта ванны включает механизм, изменяющий положение балки по высоте, нижний же стержень действует так, что при сцеплении его с правой муфтой вращение маховичков перемещает балку по длине, а при сцеплении с левой муфтой вращение тех же маховичков дает перемещение по азимуту, т. е. распределение регулировочных механизмов у балок № 2 и № 3 не тождественно.

Указанные перемещения балок могут быть произведены соответствующими электромоторами с большим удобством для наблюдателя и в более короткий срок, почему на практике они обыкновенно и применяются. Для пуска этих моторов в действие устроено следующее приспособление. Провода, подающие электрический ток от распределительной



Рис. 13. Подвижные коммутаторы.
Fig. 13. Commutateurs mobiles.

доски к моторам, присоединены к двум комплектам коммутаторов, заключенных в двух плоских деревянных футлярах (36 см × 36 см × 10 см), из которых каждый снабжен выключателями, расположенными на крышке их (рис. 13). Оба футляра подвешены при помощи четырех шкивов на двух проволоках, прикрепленных к трем железным рамам, которые приделаны к потолку компараторного зала. Эти комплекты выключателей легко перемещаются вдоль балки микроскоподержателя по упомянутым двум проволокам, благодаря чему любой выключатель всегда имеется под рукой у наблюдателя, стоящего перед каким угодно микроскопом. Правый футляр снабжен выключателем (из черного каучука), которым оба футляра сообщаются с распределительной доской. Кроме того, на каждом футляре имеется выключатель (из фибры) для подачи тока к мотору (0,2 квт) постоянного тока, сообщающему тележке компаратора медленное движение (рис. 5). При этих трех выключателях нет никаких надписей. Остальные же шесть выключателей каждого комплекта снабжены надписями, указывающими на

какие балки действуют соответствующие регулировочные механизмы и в каком направлении. Оба нижних выключателя в обоих комплектах относятся к балке № 1, находящейся в узкой ванне. Два средних выключателя относятся к балке № 2, наконец, два верхних — к балке № 3. При этом левая колонка выключателей в обоих комплектах ведет к моторам, перемещающим балки в верти-

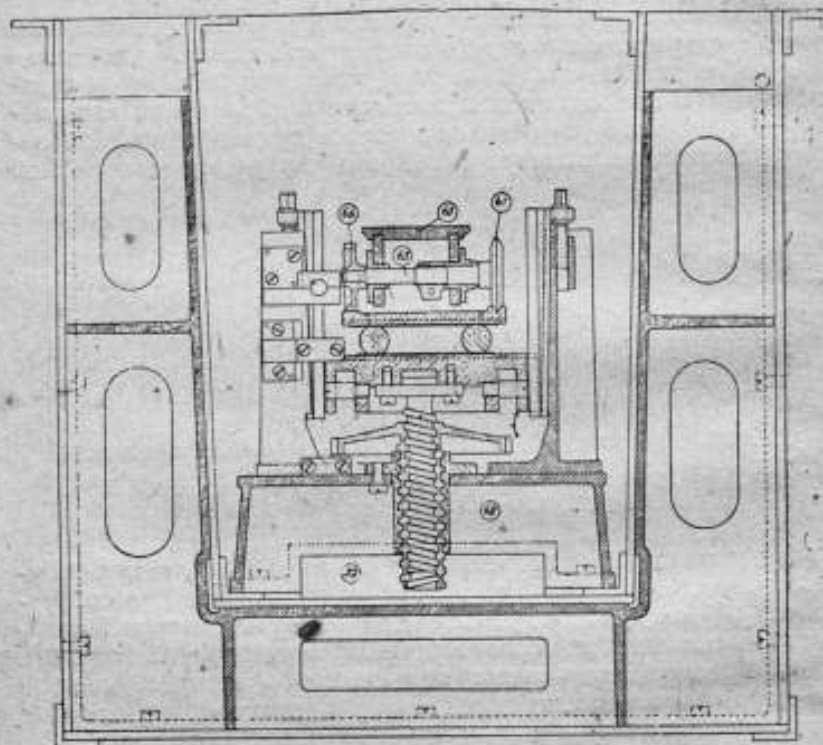


Рис. 14. Винтовая стойка.
Fig. 14. Support à vis dans la cuve.

кальном направлении (по высоте). Что касается правой колонки, то верхний и нижний выключатели правого комплекта дают перемещение по азимуту балкам № 1 и № 3, а средний — перемещение по длине балки № 2; а в левом комплекте верхний и нижний выключатели дают перемещение по длине, и средний — по азимуту.

Винтовые стойки, служат для перемещения балок по высоте. Указанное перемещение необходимо для приведения разделенной поверхности меры в фокальную плоскость

микроскопов и производится самостоятельно на каждом конце балочек. Основанием винтовой стойки служит цилиндрическая камера (рис. 14), приклепанная ко дну ванны. В эту камеру вставлена муфта, с внутренней прямоугольной нарезкой, служащая гайкой для пустотелого винта (диаметром 32 мм), составляющего одно целое с горизонтальным чечевицеобразным зубчатым колесом (диаметром 125 мм и толщиной края 12 мм). Внутренняя полость этого винта имеет также прямоугольную нарезку (обратную внешней его нарезке), которая в свою очередь является гайкой для станового винта, упирающегося верхним концом в суппорт балочки.

Электромотор, вращая трубчатый вал, действует через зубчатую передачу (на рисунке непоказанную) на горизонтальное зубчатое колесо, а через него и на винт с двойной нарезкой. Вращением его поднимается или опускается становой винт, а с ним и суппорт балочки.

Амплитуды возможных регулировок достигает по высоте 90 мм, а по длине и азимуту—20 мм.

В ваннах под каждой балкой установлены пустотелые призмы, которые будем называть поплавками. Эти призмы склепаны из латунной жести толщиной в 1 мм, а затем швы их запаены. Все три поплавок имеют одинаковые размеры: длину 222,6 см и площадь поперечного сечения $41,8 \text{ см} \times 17 \text{ см}$, так что емкость каждого из них равняется 0,056 м³. Поплавки снабжены по концам двумя носиками с проушинами, при помощи которых они скрепляются с винтовыми стойками и, разгружая их, тем самым облегчают работу механизмов, регулирующих меры по высоте.

Благодаря тому, что водяной слой над поплавками тоньше, чем в соседних с ним частях ванны, вода нагревается здесь скорее, и поэтому сличаемая мера надежнее следит за изменением температуры. Термометры, располагаемые в ванне над поплавками, обыкновенно изменяют свои показания быстрее, чем термометры, располагаемые у концов ванны, несмотря на то, что наблюдатель во время работы находится у крайних термометров дольше.

Для перемешивания слоев воды, наполняющей ванны, они снабжены восемью мешалками (по 4 в каждой), приводимыми в действие моторами (переменного тока), насаженными на оси мешалок (рис. 3). Две мешалки (рис. 3) служат для перемешивания воды во внутренней ванне, а две—в наружной. Мешалки, работающие во внутренней ванне, забирая верхние слои воды, выбрасывают ее в двух местах—у средней части ванны и у противоположного конца. Мешалки же наружной ванны вызывают в ней простую циркуляцию воды.

Сличение мер длины

После регулировки компаратора для его испытания послужили следующие работы.

1. Полное исследование инвариного трехметрового жезла № 541, представленного Главным Геодезическим Комитетом ВСНХ СССР.¹

2. Определение коэффициента расширения трехметрового жезла из платинита, обозначаемого Н15 (0—3) м и принадлежащего Военно-топографическому управлению.²

3. Сличение двух инвариных трехметровых жезлов В (0—3) м и С (0—3) м.

Инвариный жезл № 541 был сличен с платинитовым жезлом Н 15 (0—3) м три раза. Результаты сличения, относенные к нормальной температуре 20° С, представлены следующей таблицей:

1926 г. 1 декабря № 541 (0—3) м	=	3м + 11,2μ ± 0,10μ
1927 г. 16 мая	.	3м + 14,1μ ± 0,12μ
1931 г. 13 октября	.	3м + 22,6μ ± 0,10μ

Изменяемость длины жезла явно обнаружена.

Термическое расширение этого жезла было определено по жезлу D 11 (0—3) м в 1926 г. и выразилось формулой

$$\alpha = (5,40 - 0,009 t) 10^{-6}.$$

Трехметровый жезл Н 15 был эталонирован при помощи платиноиридиевой меры П 4, причем было найдено, что при 0°

$$Н 15 (0—3) м = 3м + 32,9μ ± 0,1μ.$$

Расширение его в пределах от 0°,5 до 30° выражается формулой

$$\alpha = (22,07 - 0,010 t) 10^{-6},$$

Два жезла В и С принадлежат к одной и той же серии инвариных жезлов, изученных Главной Палатой мер и весов в 1908 г. на старом трехметровом компараторе Траутона. Из них жезл В в 1909 г. был передан Иркутскому геодезическому отделу Военно-топографического управления, где он и находился до 1917 г. В период гражданской войны жезл В был перевезен в Омск, откуда доставлен в Главную Палату мер и весов для повторной поверки его. В декабре 1908 г. его уравнение при 17° было

¹ Известия Главного Геодезического управления III, отдел 2, стр. 85—93, 1926 г.

² Временник Главной Палаты мер и весов, вып. 4 (16), стр. 3—15, 1930 г.

$$B(0-3)_m = 3m + 243,1 \text{ м},$$

а в феврале 1926 г.

$$B(0-3)_m = 3m + 313,2 \text{ м},$$

что дает удлинение в 70 м.

Жезл С(0—3) является контрольным и никуда из пределов лаборатории за все это время не перевозился. Для эпохи 1907 г. его длина была при 0°

$$C(0-3)_m = 3m - 62,8 \text{ микрона},$$

а в 1926 г.

$$C(0-3)_m = 3m - 2,1 \text{ микрона},$$

что дает удлинение на 60,7 микрона.

Перечисленные исследования, равно как и все последующие работы, произведенные позднее на компараторе, показали, что средняя квадратическая погрешность сличений не превышает $\pm 0,12$ микрона, причем главным фактором, определяющим ее, является постоянство температуры: чем ближе температура воды в ванне компаратора к температуре воздуха в компараторном зале, тем сличения получаются более точными. Поэтому сличения двух жезлов между собой, производимые при расположении их в одной и той же ванне, дают высшую точность, чем в том случае, когда сличаются два жезла, из которых один находится при комнатной температуре, а другой — при температуре, значительно отличающейся от комнатной, что имеет место при определении коэффициента расширения жезла.

Масса воды, находящейся в ванне компаратора, не меняется в процессе работы, т. е. во все время работы вода не прибавляется и не отливается из ванны.

Что касается постоянства температуры в компараторном зале, то оно в значительной степени зависит от того, действует ли в это время центральное отопление здания или нет. Термограф, установленный в компараторном зале, показывает, что суточное колебание температуры воздуха происходит в зависимости от указанных условий в пределах от 0,4 до 1,5 градуса.

Другим фактором, понижающим точность сличений, является дрожание почвы, вызываемое оживленным трамвайным и грузовым движением на улицах, прилегающих к территории здания, где помещен компаратор.

Компараторный зал отстоит от улицы, на которой движение более или менее затихает только после полуночи, в расстоянии 75 м, вследствие чего производство сличений в дневное время совершенно невозможно. По-

этому все работы на компараторе производятся в ночное время.

Испытание, произведенное в 1928 г. при помощи сейсмографов, показало, что некоторое спокойствие почвы наблюдается только после часу ночи. В виду этого, мне казалось интересным выяснить, какая точность сличений может быть получена, если их произвести в этот наиболее спокойный промежуток ночи. Для указанной цели в ванну компаратора, наполненную водой, были установлены два жезла D 11 (0—3) м из инвара и H 15 (0—3) м из платинита. Рядом с ними на уровне нейтральной плоскости были расположены три термометра Бодена: № 15658, № 15659 и № 15660, поправки коих известны. Показания термометров отчитывались в начале, в середине и в конце наблюдения. Средняя температура каждого термометра перечислялась на водородную шкалу.

Разность в длине жезлов D и H выражается отдельно для каждого наблюдения уравнением, в котором величины x и y обозначают цену деления микрометров первого и четвертого, для которых принято:

$$\begin{aligned}x &= 1,00074 \text{ р.} \\y &= 0,99998 \text{ р.}\end{aligned}$$

Первая серия из 3 наблюдений была произведена 11 июля между 2^h 50^m и 4^h 15^m, при нормальном положении мер, которое обозначается АВ. Вторая серия из 3 наблюдений была произведена 12 июля между 2^h 4^m и 3^h 17^m, причем жезл H был в положении ВА. Третья серия наблюдений была произведена 13 июля между 1^h 10^m и 1^h 20^m, причем оба железа были в положении ВА. Наконец, четвертая серия наблюдений была произведена 14 июля между 1^h 48^m и 2^h 47^m, причем жезл H находился в положении ВА, а жезл D—в первоначальном положении АВ.

Отчеты по микрометрам производились в порядке, представленном на нижеследующей схеме:

Микрометры—Micromètres					
Левый—Gauche			Правый—Droit		
H (0—3) м					
1	2	3	4	5	6
10	11	12	7	8	9
40	41	42	37	38	39
43	44	45	46	47	48

D (0—3) м

13	14	15	16	17	18
22	23	24	19	20	21
28	29	30	25	26	27
31	32	33	34	35	36

После 12 отчета, произведенного по левому микрометру на мере Н, наблюдатель передвигает тележку компаратора так, чтобы под микроскопы подошла мера D. Отрегулировав жезл D, если это требуется, он начинает производить отчеты на левом конце меры. Между 24 и 25 отчетами по микрометрам отчитываются показания термометров и производится кратковременное (около полуминуты) перемешивание воды во внутренней ванне, после чего наблюдатель продолжает отчеты по микрометрам, начиная с правого конца меры. Сделав 36 отчет, наблюдатель снова передвигает тележку компаратора, чтобы под микроскопы подвести жезл Н. Если требуется, он его регулирует и возобновляет отчеты, начиная также с правого микрометра.

Протоколы наблюдений указаны в приложении I.

При обработке приведенных 12 наблюдений были приняты значения коэффициентов расширения жезлов Н и D, найденные лабораторией в период с 1926 г. по 1929 г.

$$\alpha_H = (+22,076 - 0,010 t) 10^{-6}$$

$$\alpha_D = (+2,356 + 0,0057 t) 10^{-6}$$

Результаты произведенных сличений представлены ниже следующей таблицей:

t	Δt	D — H	$\Delta\mu \times \Delta t$	D — H 18°,536°	Δ
18° 385	— 0°,151	— 378,00 μ	— 2,89	— 380,89 μ	+ 0,20
18° 391	— 0°,145	— 378,08	— 2,78	— 380,86	+ 0,23
18° 390	— 0°,146	— 378,43	— 2,79	— 381,22	— 0,13
18° 472	— 0°,064	— 379,03	— 1,22	— 380,85	+ 0,24
18° 467	— 0°,069	— 379,78	— 1,32	— 381,10	+ 0,01
18° 471	— 0°,065	— 380,24	— 1,24	— 381,48	— 0,39
18° 544	+ 0°,008	— 381,66	+ 0,15	— 381,51	— 0,42
18° 543	+ 0°,007	— 381,37	+ 0,13	— 381,24	— 0,15
18° 543	+ 0°,007	— 381,61	+ 0,13	— 381,48	— 0,39
18° 740	+ 0°,204	— 384,68	+ 3,00	— 380,78	+ 0,31
18° 739	+ 0°,203	— 384,63	+ 3,88	— 380,80	+ 0,29
18° 743	+ 0°,207	— 384,89	+ 3,96	— 380,93	+ 0,16
18° 536		— 381,00		— 381,00	

В первом столбце этой таблицы дается средняя температура каждого сличения по водородному термометру. Во втором столбце показано отклонение температуры каждого измерения от общего среднего, равного $18^{\circ},536$. В третьем столбце дана наблюдаемая разность сличаемых мер, выраженная в микронах. В четвертом столбце дана поправка, составленная по коэффициентам сличаемых мер для приведения непосредственно наблюдаемых разностей их к температуре $18^{\circ},536$. Наконец, в последнем столбце дано отклонение величин пятого столбца от среднего, равного $-381,09$ микрона. Вычисляя по этим данным среднюю квадратичную погрешность результата по формуле

$$M = \pm \sqrt{-\frac{[\Delta^2]}{n(n-1)}},$$

находим, что она равняется $\pm 0,08$ микрона.

Итак, разность сличаемых мер при средней температуре $18^{\circ},536$ будет

$$D - H = -381,09\mu \pm 0,08\mu.$$

Зная, что при 0° жезл $H = 3 м + 32,72\mu$, находим его длину при $18^{\circ},536$

$$H = 3 м + 32,72 + [22,076 - 0,010 \times 18,536] 18,536 = \\ = 3 м + 438,45\mu.$$

Следовательно, при этой температуре жезл:

$$D = 3 м + 438,45\mu - 381,09\mu = 3 м + 57,36\mu \pm 0,08\mu.$$

Приводя найденную длину жезла D находим, что при 0°

$$D = 3 м + 11,72 \text{ микрона.}$$

Длина этого жезла была определена в мае 1926 г. и найдено, что при 0° :

$$D = 3 м + 10,09 \text{ микрона,}$$

что дает за 37 месяцев удлинение в 1,6 микрона.

Из изложенного следует, что, хотя в жаркие июльские дни температура воды в ваннах непрерывно повышалась, жезлы удовлетворительно следили за нею, и сличения дали результат со средней погрешностью $\pm 0,08$ микрона, что составляет меньше одной тридцатимиллионной части измеряемой величины.

Приложение I

11. VII. 192 г. 2 h 50 m — 3 h 8 m

Микрометры—Micromètres				Термометры—Thermomètres	
Левый—Gauche		Правый—Droit		Отчеты Lectures	Среднее исправл. Moyenne corr.
Обороты Tours	Части оборота Divisions	Обороты Tours	Части оборота Divisions		

H (0-3) м

11	97,8 98,3 98,0	8	50,6 50,0 49,8	№ 15658	18° 387	
	98,1 97,9 98,1		50,0 49,9 50,1			18° 620
	96,7 97,2 97,0		49,0 49,2 49,8			18° 630
	97,0 96,9 97,2		49,8 49,6 49,1	№ 15659		
	1197,52		849,74		18° 645	
					18° 655	

D (0-3) м

12	24,5 24,8 24,5	12	55,0 55,0 55,0	№ 15660	18,394	
	24,6 24,5 24,5		55,1 54,9 54,8			18° 680
	25,1 24,8 24,9		54,9 55,1 55,3			18° 690
	24,8 24,8 25,1		55,1 55,0 55,0			
	1224,74		1254,99			

$$D - H = + 27,22 x - 405,25 y = - 378,00 \mu$$

H (0-3) м

11	96,8 97,0 96,9	8	49,0 49,2 49,0	№ 15658	18° 389	
	96,8 96,8 96,8		49,7 49,5 49,0			18° 628
	96,5 96,4 96,7		49,0 49,0 49,0			18° 635
	96,6 96,3 96,5		48,7 48,9 49,0	№ 15659		
	1196,68		849,09		18° 640	
					18° 658	

D (0-3) м

12	27,0 26,8 27,0	12	57,5 57,6 57,5	№ 15660	18,397	
	27,0 26,8 27,2		57,4 57,7 57,8			18° 690
	27,0 26,8 27,0		57,7 57,5 57,3			18° 700
	26,9 26,9 27,1		57,3 57,0 57,3			
	1296,54		1257,46			

$$D - H = + 30,26 x - 408,37 y = - 378,08 \mu$$

11. VII. 1929 г. 3 h 24 m — 3 h — 38 m

Микрометры—Micromètres				Термометры—Thermomètres	
Левый—Gauche		Правый—Droit		Отчеты Lectures	Среднее исправ. Мoyenne corr.
Обороты Tours	Части оборота Divisions	Обороты Tours	Части оборота Divisions		

11. VII. 1929 г. 4 h 0 m — 4 h 15 m

D (0—3) м

11	78,5 78,8 78,9	9	31,9 32,0 31,7	№ 15658	18°,387
	78,6 78,6 78,5		32,0 31,6 31,4		
	78,5 78,4 78,3		31,0 31,0 30,9	18°,635	
	78,5 78,3 78,2		31,2 31,6 31,3	№ 15659	
	1278,51		931,47	18°,640	18°,388
				18°,665	

H (0—3) м

12	64,0 64,0 64,3	12	95,3 95,2 95,2	№ 15660	18, 394°
	64,3 64,1 64,0		95,2 95,6 95,5		
	64,0 64,0 63,8		95,5 95,3 95,5	18°,695	
	63,9 64,1 64,0		95,3 95,1 95,4		
	1264,04		1295,34		

$$D - H = -14,57 x - 363,86 y = -378,43 \mu$$

H (0—3) м

12	88,5 88,5 88,7	9	39,8 39,8 39,7	№ 15658	18°,473
	88,4 88,7 88,3		39,9 39,7 29,9		
	88,3 88,5 88,4		39,7 40,1 39,9	18°,728	
	88,3 88,5 88,3		40,1 39,7 39,9	№ 15659	
	1288,45		939,85	18°,735	18°,474
				18°,740	

D (3—0) м

12	28,5 28,7 28,4	12	59,6 59,9 59,8	№ 15660	18°,468
	28,7 28,4 28,7		59,9 59,8 59,9		
	28,5 28,6 28,8		59,5 59,4 59,4	18°,775	
	28,5 28,9 28,8		59,3 59,5 59,3		
	1278,62		1259,62		

$$D - H = -59,83 x - 319,77 y = -379,63 \mu$$

12. VII. 1929 г. 2 h 04 m — 2h 16 m

Микрометры—Micromètres				Термометры—Thermomètres	
Левый—Gauche		Правый—Droit		Отчеты Lectures	Среднее исправл. Moyenne corr.
Обороты Tours	Части оборота Divisions	Обороты Tours	Части оборота Divisions		

12. VII. 1929 г. 2 h 30 m — 2 h 45 m

H (3—0) м

12	88,9 88,4 88,5	9	39,8 39,5 39,5	№ 15658	18°,462	
	88,5 88,7 88,7		39,4 39,6 39,6			18°,705
	88,3 88,2 88,4		39,8 39,9 39,8			18°,710
	88,5 88,3 88,3		39,9 40,2 40,0	№ 15659		
	1288,47		939,75	18°,735	18°,740	

D (0—3) м

12	28,8 28,9 28,8	12	59,9 60,1 60,0	№ 15660	18°,465	
	28,7 28,7 28,9		59,7 59,9 59,6			18°,760
	28,9 28,4 28,0		59,6 59,7 59,9			18°,770
	28,9 28,7 29,0		59,9 59,7 59,7			
	1228,78		1259,81			

$$D - H = -59,69x - 320,06y = -379,78\mu$$

H (0—3) м

12	86,9 86,8 86,9	9	38,3 38,0 38,7	№ 15658	18°,467	
	87,3 87,1 86,9		38,4 38,6 38,6			18°,708
	85,7 85,4 85,6		37,9 37,7 37,8			18°,710
	85,9 86,1 85,9		37,4 37,8 38,0	№ 15659		
	1286,55		938,10	18°,740	18°,745	

D (3—0) м

12	64,3 64,1 64,0	12	96,0 96,2 96,1	№ 15660	18°,472	
	64,0 64,2 64,0		96,3 96,4 96,2			18°,770
	64,3 64,1 64,2		96,2 95,9 96,1			18°,775
	64,2 64,3 63,9		96,0 95,9 96,1			
	1264,13		1296,12			

$$D - H = -22,22x - 358,02y = -380,24\mu$$

12. VII. 1929 г. 2 h 59 m — 3 h 17 m

Микрометры—Micromètres				Термометры—Thermomètres	
Левый—Gauche		Правый—Droit		Отчеты Lectures	Среднее исправл. Moyenne corr.
Обороты Tours	Части оборота Divisions	Обороты Tours	Части оборота Divisions		

13. VII. 1929 г. 7 h 10 m — 1 h 24 m

H (3-0) м

12	2,3 2,3 2,3	8	54,7 54,7 54,5	№ 15658	18°,541
	2,5 2,2 2,3		54,9 54,7 54,5		
	2,6 2,3 2,2		54,4 54,5 54,6	18°,790	
	2,0 2,2 2,3		54,3 54,4 54,6	№ 15659	
	1202,28		854,56	18°,805	18°,810

D (3-0) м

11	91,1 91,6 91,4	12	25,1 25,2 25,1	№ 15660	18°,546
	91,2 91,3 91,5		25,0 25,3 25,5		
	91,4 91,7 91,6		25,6 25,7 25,8	18°,852	
	91,5 91,7 91,7		25,6 25,8 25,4		
	1191,48		1225,42		

$$D - H = -10,80 x - 370,86 y = -381,66 \mu$$

H (3-0) м

11	99,5 99,2 99,3	8	51,7 51,8 51,7	№ 15658	18°,543
	99,0 99,2 99,3		51,5 51,6 51,9		
	98,2 98,5 98,4		51,7 51,4 51,5	18°,790	
	98,7 98,5 98,5		51,5 51,2 51,6	№ 15659	
	1298,86		851,59	18°,805	18°,808

D (3-0) м

11	90,0 90,2 90,0	12	24,3 24,3 24,0	№ 15660	18°,542
	90,1 90,3 90,0		24,1 24,4 24,2		
	90,2 90,6 90,0		24,5 24,3 24,4	18°,845	
	90,3 90,3 90,2		24,2 24,3 24,4		
	1190,18		1224,28		

$$D - H = -8,68 x - 372,69 y = -381,37 \mu$$

13. VII. 1929 г. 1 h 38 m — 1 h 54 m

Микрометры—Micromètres				Термометры—Thermomètres	
Левый—Gauche		Правый—Droit		Отчеты Lectures	Среднее исправ. Moyenne corr.
Обороты Tours	Части оборота Divisions	Обороты Tours	Части оборота Divisions		

13. VII. 1929 г. 2 h 03 m — 2 h 20 m

H (3-0) м

11	98,3 98,2 98,0	8	51,7 51,5 51,7	№ 15658	18°,543
	98,2 98,0 98,1		51,2 51,4 51,5		
	99,0 99,3 99,1		51,4 51,1 51,3	18°,790	
	99,0 98,8 99,2		51,9 51,4 51,3	№ 15659	
	1198,62		851,68		18°,545

D (3-0) м

12	89,0 89,5 89,2	13	23,7 24,0 24,2	№ 15660	18°,542
	89,1 89,0 89,3		24,0 23,8 24,2		
	89,3 89,2 89,3		24,0 24,0 24,2	18°,845	
	89,4 89,5 89,4		24,0 24,1 23,9		
	1289,23		1324,01		

$$D - H = + 90,64 x - 472,33 y = - 381,61 \mu$$

H (3-0) м

11	97,0 96,9 96,4	8	55,6 55,5 55,4	№ 15658	18°,734
	96,5 96,6 96,7		55,6 55,3 55,4		
	96,3 96,4 96,5		55,7 55,6 55,4	18°,988	
	96,6 96,4 96,5		55,6 55,4 55,4	№ 15659	
	1196,57		855,49		18°,740

D (0-3) м

12	89,0 88,9 89,1	13	32,7 32,9 32,9	№ 15660	18°,737
	89,0 89,0 88,9		32,7 32,5 32,6		
	89,0 89,1 88,9		32,9 32,5 32,7	19°,040	
	89,0 88,8 89,0		32,4 32,5 32,6		
	1288,98		1332,66		

$$D - H = + 92,41 x - 477,17 y = - 384,68 \mu$$

14. VII. 1929 г. 1 h 48 m—2 h 0,5 m

Микрометры—Micromètres				Термометры—Thermomètres	
Левый—Gauche		Правый—Droit		Отчеты Lectures	Среднее исправ. Moyenne corr.
Обороты Tours	Части оборота Divisions	Обороты Tours	Части оборота Divisions		

14. VII. 1929 г. 2 h 10 m—2 h 26 m

H (3—0) μ

11	96,6 96,5 96,6	8	55,5 55,4 55,3	№ 15658	18°,740	
	96,4 96,3 96,7		55,3 55,3 55,6			18°,985
	96,6 96,5 96,6		55,8 55,9 56,0			18°,995
	96,5 96,4 96,6		55,7 55,8 55,9	№ 15659		
	1196,53		855,62	19°,000	18°,740	
				19°,005		

D (0—3) μ

12	88,3 88,2 88,4	13	32,4 32,2 32,0	№ 15660	18°,737	
	88,5 88,6 88,4		32,4 32,3 32,0			19°,035
	88,4 88,2 88,6		32,4 32,0 32,2			19°,040
	88,5 88,4 88,7		32,0 32,6 32,3			
	1288,43		1332,23			

$$D - H = +91,90 x - 476,61 y = -384,63 \mu$$

H (3—0) μ

11	96,5 96,4 96,5	8	56,0 56,0 56,1	№ 15658	18°,744	
	96,4 96,3 96,4		56,0 55,9 56,2			18°,990
	96,2 96,4 96,6		56,6 56,5 56,6			18°,998
	96,7 96,4 96,6		56,6 56,5 56,5	№ 15659		
	1196,45		856,24	19°,003	18°,742	
				19°,005		

D (0—3) μ

12	88,4 88,5 88,6	13	33,4 33,2 33,6	№ 15660	18°,743	
	88,5 88,5 88,7		33,5 33,4 33,5			19°,040
	88,7 88,6 88,9		33,4 33,5 33,7			19°,048
	89,1 88,9 89,0		33,6 33,5 33,5			
	1288,72		1333,48			

$$D - H = +92,27 x - 477,24 y = -384,89 \mu$$

COMPARATEUR GÉODÉSIQUE POUR LES RÈGLES DE QUATRE MÈTRES

Par N. I. Adamovitch

(Résumé)

En 1912 la Chambre centrale des Poids et Mesures adressa à la Société Genevoise pour la Construction d'Instruments de Physique et de Mécanique la proposition d'élaborer le projet d'un comparateur géodésique à deux cuves pour règles de 4 mètres à condition de garantir la plus haute perfection de l'appareil.

En réponse à cette proposition, la Société Genevoise envoya le projet demandé et déclara (juin 1912) qu'elle s'engageait à livrer un comparateur d'une exécution exacte et soignée dont le fonctionnement irréprochable répondrait à toutes les exigences inhérentes à un appareil de haute précision. La Chambre centrale des Poids et Mesures se décida à faire la commande du comparateur.

Vers la fin de 1914 le comparateur fut complètement achevé, cependant, vu la guerre européenne, il fut impossible de l'expédier, et c'est seulement en 1924, que le comparateur arriva (via Rotterdam) au port de Leningrad.

Le montage du comparateur fut accompli en automne 1924 par les collaborateurs de la Chambre centrale des Poids et Mesure. A. N. Adamovitch, M. A. Afanassiev et I. I. Kwarnberg de manière à perdre le moins de temps possible, ce qui fut grandement facilité par l'envoi fait par la Société Genevoise de 64 feuilles de dessins constructifs détaillés.

La salle du comparateur (fig. 1) se trouve à une distance de 75 mètres du pavé de la rue, où passent deux lignes de tramway et qui est animée d'un mouvement intense. En conséquence l'ébranlement du sol exclut la possibilité de comparaisons quotidiennes qui ne s'exécutent qu'après 20 heures. Pour affaiblir les trépidations du sol dans la salle du comparateur, un sous-sol fut creusé à environ cinq mètres de profondeur. On y a étendu une couche épaisse de sable sur laquelle une grande dalle de béton fut posée, destinée à porter tout le comparateur. Sur cette dalle, isolée du bâtiment, deux piliers en béton furent élevés supportant la poutre des microscopes. Ces piliers sont recouverts par des boîtes en bois qui reposent sur le plancher de la salle.

Ce comparateur géodésique est destiné à la comparaison des règles de quatre mètres de longueur et à la détermination de leur dilatation. Cette destination de l'appareil détermine les conditions auxquelles il doit satisfaire, à savoir:

a) durant l'opération de comparaison les microscopes du comparateur doivent rester absolument immobiles,

b) la construction du comparateur doit permettre d'accomplir toutes les opérations indispensables pendant un temps suffisamment court pour garantir l'inchangéabilité de l'état de l'appareil et des étalons à comparer,

c) il est nécessaire qu'il soit possible d'opérer tous les déplacements des règles pendant le travail de manière à ce que les changements de la position relative des étalons soient minimales.

Toutes ces conditions furent remplies par la Société Génoise en perfection.

Les figures 2, 3 et 4 donnent un schéma plus complet de tous les détails du comparateur. Afin de montrer le plus grand nombre possible de détails ils donnent la coupe de la partie droite de l'appareil et l'élévation de la partie gauche. Mais comme il était impossible de montrer tous les détails nécessaires, quelques uns sont représentés sur des dessins à part.

La partie centrale de l'instrument comprend: 1) cinq microscopes à micromètres, 2) un chariot roulant et, 3) deux auges à doubles parois destinées à recevoir les règles à comparer.

Un bloc en fonte massif et très lourd (de 4,5 m de longueur sur 2,5 m de largeur) supporte les deux voies, où marche le chariot.

Le chariot est coulé d'une seule pièce. Des nervures convenablement dirigées sous la face inférieure, lui donnent une grande rigidité. On peut déplacer le chariot au moyen de 26 balles (diamètre 8 cm) qui supportent toute la partie mobile du comparateur pesant quinze tonnes. Tous les déplacements du chariot, ainsi que des étalons, s'exécutent par électromoteurs. Le mouvement transversal du chariot peut être produit de deux façons:

1. Rapidement pour remplacer sous les microscopes l'une des cuves par l'autre.

2. Micrométriquement pour achever l'ajustage et amener l'axe de la règle exactement sous le fil longitudinal du micromètre.

Le mouvement rapide s'exécute au moyen d'un moteur électrique ($\frac{3}{4}$ kW), qui donne au chariot une vitesse de 3 mètres par minute; l'autre moteur (0,2 kW) pour le mouvement micromé-

trique, donne une vitesse de plusieurs millimètres par minute. Le chariot est guidé dans ses mouvements au moyen de petits galets et d'une liste creuse. L'autre liste est plan polie. Les déplacements du chariot roulant sont parfaitement rectilignes et la substitution des auges se fait en 15—20 secondes. Le guidage du comparateur est de telle précision qu'il est impossible de constater des défauts supérieurs à azimuth et à la longueur de 5 microns et à la hauteur de 7 microns. La vis de translation du chariot avec laquelle son écrou est intégralement muni, est longue de 2,8 m et son diamètre extérieur est de 6 cm.

Les microscopes du comparateur sont fixés sur la poutre et alignés avec la précision de 0,1 mm. Les corps des microscopes sont pourvus d'un mouvement micrométrique pour leur mise au point, agissant dans les deux sens, et de vis de rappel antagonistes pour le parallélisme des fils et des traits.

Les coulisses des porte-microscopes sont munies: d'un serrage énergique pour les immobiliser, 2. d'un pignon engrenant avec une crémaillère fixée sur la poutre, d'un système de coins pour les aligner et les verticaliser d'avant en arrière, et d'un pivot et de 2 vis de réglage pour obtenir le parallélisme entre eux.

Le déplacement des porte-microscopes s'effectue avec une manivelle et une petite roue dentée engrenant avec la crémaillère. Vu la longueur du bras de la manivelle, on effectue sans difficulté des déplacements très petits.

Les microscopes (d'une longueur de 50 cm) donnent des images parfaites. Les objectifs (F. K o r i s t k a, Milano) ont une distance focale de 6 cm; le grossissement total est égal à 90 fois et l'aperture numérique à 0,12.

Les microscopes sont ajustés de manière à ce que le pas de la vis du micromètre corresponde, dans l'image à une dixième de millimètre. Un tambour porté par l'écrou de la vis et divisé en 100 parties donne un millième de millimètre ou un micron par lecture directe. L'étendue du champ comprend près de douze tours de la vis.

Pour l'éclairage des microscopes on emploie les lampes électriques de quatre volts et un illuminateur vertical.

La valeur d'un tour des vis des micromètres a été déterminée par rapport aux millimètres tracés sur les décimètres No 40, No 36 et No 76, étudiés au Bureau international des Poids et Mesures. La tare du micromètre gauche est égale à 1,00074 μ et celle du micromètre droit — à 0,99998 μ .

Le chariot roulant porte deux auges, dont les volumes sont 1,1 kilolitres et 0,9 kilolitres. Dans ces auges sont installées trois barres portant les règles à comparer. Le porte-règle est constitué par une barre de 400 cm de longueur et de 7,5 cm

ost es qui de largeur, ou mise à chaque extrémité à trois mouvements dans les directions verticale, longitudinale et horizontale-transversale. Les auges sont munies de 8 agitateurs commandés par des moteurs électriques.

Les organes de réglage sont disposés de façon que l'observateur puisse les faire manoeuvrer sans se déplacer, quelle que soit la position qu'il occupe par rapport aux cuves.

Chaque porte-règle est muni de supports réglables, de pièces de fixation et de porte-thermomètres. L'équilibrage des porte-règles, se produit au moyen des flotteurs vides (longueur 222,6 cm et section 14,8 cm \times 17 cm), qui soulèvent en hauteur les vis de réglage.

Le réglage des règles à comparer se fait à l'aide de douze moteurs dont la commande s'effectue à l'aide des commutateurs mobiles placés dans deux caisses plates (36 cm \times 36 cm \times 10 cm) munies d'interrupteurs (figure 20). Ces deux caisses sont suspendues à deux cordes attachées aux poutres du plafond de la salle du comparateur. Six interrupteurs de chaque caisse pour le moteur (de 0,2 kW) ont des inscriptions indiquant quels porte-règles sont commandés par les mécanismes de réglage correspondants et en quelle direction. Les deux interrupteurs d'en bas correspondent dans les deux caisses au porte-règle No I; les deux du milieu — au porte-règle No II et les deux interrupteurs d'en haut — au porte-règle No III. Dans les deux caisses la colonne gauche des interrupteurs conduit aux moteurs déplaçant les porte-règles en sens vertical; quant aux colonnes droites — les interrupteurs d'en haut et d'en bas de la caisse droite impliquent aux porte-règles No I et No III le mouvement d'azimuth et celui de milieu commande le déplacement longitudinal du porte-règle No II. Sur la caisse gauche les interrupteurs d'en haut et d'en bas donnent le déplacement longitudinal et celui du milieu — le déplacement dans le sens de l'azimuth.

Les amplitudes des réglages possibles atteignent 90 mm en hauteur et 20 mm en sens longitudinal et transversal. Les réglages peuvent aussi être effectués à la main à l'aide de bielles commandées par les tuyaux tournants, placés le long des auges et actionnant les mêmes mécanismes. La rotation de ces bielles s'effectue à l'aide d'un volant à main montré sur la figure 8. Un tour complet du volant produit un déplacement de 0,1 mm dans le sens vertical et de 0,2 mm dans le sens longitudinal et transversal.

Les premiers essais des qualités d'exploitation du nouveau comparateur eurent lieu pendant les études de quatre étalons de 3 m en invar.

L'étalon No 541 (0-3) m fut comparé trois fois. Les résultats de ces comparaisons sont représentés par le tableau suivant :

1 décembre: 1926. N° 541 (0-3) m =	3 m + 11,2 μ \pm 0,1 μ
16 mai: 1927.	3 m + 14,1 \pm 0,12 μ
13 octobre: 1931.	3 m + 22,6 \pm 0,1 μ

L'allongement de l'étalon est évident. Sa dilatabilité est déterminée par la formule:

$$\alpha_{541} = (5,40 - 0,009 t) 10^{-6}.$$

L'étalon H 15 (0-3) de la Section topographique en alliage d'acier et de nickel (42% Ni) a été étudié par M. M. R. Benoît et Ch. Ed. Guillaume en 1908 qui ont constaté :

$$H 15 (0-3) m = 3 m + 32,9\mu$$

$$\alpha_H = (22,01 - 0,010 t) 10^{-6}$$

En 1926 on a trouvé à la Chambre Centrale des Poids et Mesures :

$$H 15 (0-3) m = 3 m + 32,72\mu \pm 0,1\mu$$

et

$$\alpha_H = (22,07 - 0,010 t) 10^{-6}$$

L'étalon en invar B (0-3) m a été comparé au mois de décembre 1908 à l'aide du comparateur de la maison Troughton and Simms.

$$B(0-3) m = 3 m + 243,1\mu \pm 0,5\mu$$

Cette règle a été utilisée en Sibérie (à Irkutsk et Omsk) par le professeur N. D. Pavlov de 1909 1917, et la Chambre Centrale des Poids et Mesures constata en février 1927:

$$B (0-3) m = 3 m + 313,2\mu - 0,12\mu$$

Donc la règle d'invar a reçu un allongement de 70 microns.

La règle C (0-2)m se trouve depuis 1907 à la Chambre Centrale à une température constante. En 1907 la règle C (0-3) m avait la longueur.

$$C (0-3) m = 3 m - 62,8\mu \pm 0,12\mu$$

et en 1926:

$$C (0-3) m = 3 m - 2,1\mu \pm 0,5\mu$$

Les études ci-dessus ainsi que les autres travaux de la Chambre centrale ont montré que l'erreur moyenne quadratique des mesures ne dépasse guère $\pm 0,12$ microns; le facteur principal déterminant cette erreur étant la constance de la température de la salle du comparateur. Plus la température de

l'auge est proche de celle de l'air ambiant, plus les résultats obtenus sont exactes.

Le tremblement du sol causé par le mouvement dans les rues voisines est encore un facteur affectant la précision des mesures.

Des essais faits la Chambre Centrale des Poids et Mesures par la section séismographique de l'Académie des Sciences montrèrent qu'on n'observe une tranquillité relative du sol qu'après le minuit. En utilisant cette partie la plus tranquille de la nuit on peut atteindre une précision élevée. La comparaison des deux règles H 15 et D 11 au mois de juillet 1929 entre 1^h et 4^h de la nuit donna à 0°:

$$D_{11} = 3 \text{ m} + 11,72 \mu \pm 0,08 \mu$$

La longueur de cette règle a été déterminée au mois de mai 1926 comme suit:

$$D_{11} = 3 \text{ m} + 10,09 \mu \pm 0,12 \mu$$

Ce qui donne un allongement de 1,6 microns dans le cours de trois années.

Bien que la température de l'eau dans l'auge augmenta continuellement pendant les journées chaudes du mois de juillet, les règles la suivirent d'une manière satisfaisante et les comparaisons donnèrent un résultat avec une erreur moyenne de $\pm 0,08$ microns, ce qui ne dépasse pas $\frac{1}{30\,000\,000}$ de la longueur mesurée.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОКУЛЯРНЫХ МИКРОМЕТРОВ ДЛЯ МИКРОСКОПОВ ЧЕТЫРЕХМЕТРОВОГО КОМПАРАТОРА

М. А. Афанасьев

Окулярные микрометры новейшей конструкции (рис. 1) приобретены от Société Genevoise pour la Construction d'Instruments de Physique в 1929 г.

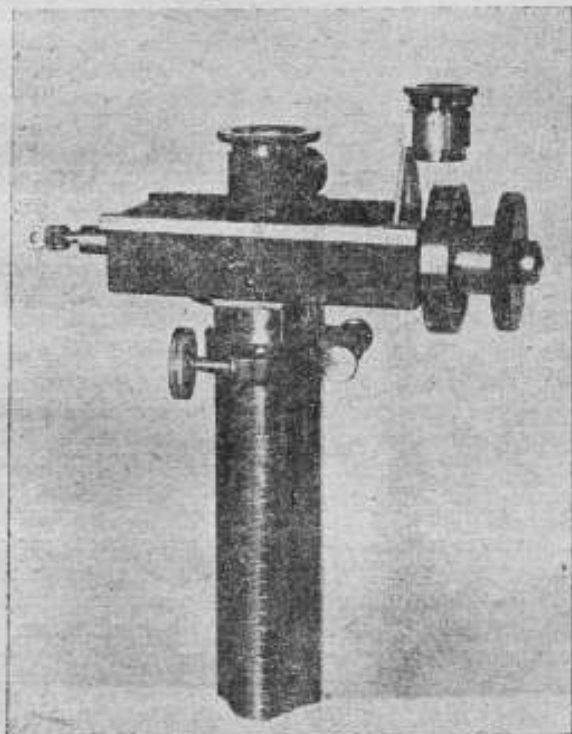


Рис. 1.

Эти микрометры отличаются от обычных очень острым и рациональным устройством микрометрической коробки, которая в основном состоит из следующих частей: большой подвижной рамки с двумя парами паутиных нитей

(узкой и широкой), малой рамки-диафрагмы с продольной нитью и стеклянной прозрачной шкалой, служащей для счета оборотов винта, и микрометрического винта с шагом около 0,75 мм.

Подвижная рамка с нитями скользит по горизонтальной направляющей, образованной двумя латунными шлифованными пластинками, прикрепленными ко дну коробки. К каждой из узких сторон подвижной рамки привинчено по одному стальному шлифованному цилиндру. Эти цилиндры скользят в подшипниках, укрепленных в концах узких сторон коробки и служат точными направляющими рамки, устраняющими ее перекос и определяющими ее движение в продольном направлении.

Мертвый ход этой рамки устранен двумя спиральными пружинами, работающими на растяжение. Эти пружины расположены с двух широких сторон рамки и каждая из них закреплена одним концом в рамку, а другим — в корпус коробки.

Малая рамка-диафрагма со шкалой для счета оборотов, помещается в салазках обычного типа со скошенными краями, прикрепленных также ко дну микрометрической коробки. Для перемещения рамки-диафрагмы в продольном направлении имеется специальный винт, удерживаемый своим заплечиком в узком крае микрометрической коробки и входящий своей резьбой в соответствующее отверстие — гайку рамки-диафрагмы. Выступающая наружу часть этого винта заплена на квадрат и служит для вращения винта с помощью соответствующего ключа.

Микрометрический винт, служащий для перемещения подвижной рамки с нитями, свободно проходит внутри через середину одного из стальных цилиндров, затем захватывает резьбу, имеющуюся в большой рамке и наконец упирается своим острым концом в упорный центр, образованный соответствующей частью, также прикрепленной ко дну коробки.

Выступающая наружная часть микрометрического винта снабжена: 1) барабаном, на поверхности которого нанесено 100 делений, служащих для отчета долей оборота, причем каждое десятое деление отмечено последовательно цифрами 10, 20, ... до 90, а каждое пятое деление цифрой 5 и 2) ведущим эбонитовым маховичком, который служит для вращения винта при наводке паутинных нитей на штрих.

Для удобства отчитывания как целых, так и десятых долей делений барабана, на верхней наружной поверхности с одного края окулярной коробки привинчена стойка слупой, а на указателе нанесен верньер, дающий отчет в 0,1 доли деления барабана; начальный и конечный штрихи верньера отмечены числами 0 и 10.

Микрометрическая коробка сверху закрыта подвижной крышкой с окуляром. Крышку можно перемещать в продольном направлении при помощи кремальеры. К нижней части микрометрической коробки привинчена латунная втулка диаметром около 34 мм и длиной в 30 см со скользящей шайбой-кольцом. Это кольцо снабжено зажимным и регулировочными винтами и служит для регулировки всего микрометра по высоте и азимуту в тубусе микроскопа.

Исследование окулярных микрометров состояло: 1) в определении периодических ошибок винтов, заключающихся в неравенстве отдельных интервалов шага и повторяющихся

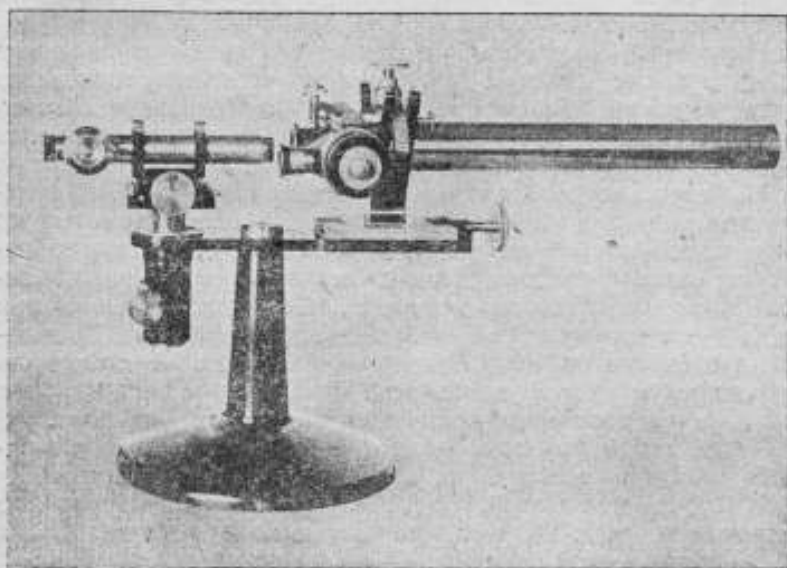


Рис. 2.

при каждом обороте винта, 2) в определении прогрессивных ошибок, заключающихся в неравенстве шага на различных оборотах винта и 3) в определении средней цены деления барабана микрометра.

Определение периодических ошибок винтов окулярных микрометров было произведено на специальном приборе фирмы Askania-Werke (рис. 2). Этот прибор состоит из solidного широкого металлического основания со стойкой. К верхней части стойки привинчена металлическая прямоугольная пластина, имеющая с одного конца снизу втулку (с винтом), внутри которой, при помощи кремальеры, может

перемещаться в вертикальном направлении стержень микроскоподержателя. К верхнему концу этого стержня привинчены салазки, служащие для перемещения при помощи винта в поперечном направлении каретки микроскоподержателя вместе с измерительным микроскопом, снабженным окулярным микрометром.

На другом конце прямоугольной пластины укреплены вторые салазки, служащие для перемещения в продольном направлении специальной вилки. Вилка служит держателем для испытуемого микрометра и снабжена винтами для закрепления его в неподвижном состоянии.

При определении периодических ошибок применялся следующий метод.

Изучаемый окулярный микрометр (без окуляра) помещался в вилке прибора (рис. 2) и прочно в ней зажимался своей втулкой. Затем при помощи продольных салазок паутинные нити изучаемого микрометра устанавливались в фокусе микроскопа прибора. Далее узкая пара паутинных нитей изучаемого микрометра устанавливалась на нулевое деление 5 или 10 оборотов винта шкалы (смотря по тому, какой оборот изучался) и в нее при помощи поперечных салазок вводилась одна из нитей первой неподвижной пары микроскопа прибора. Ведущим маховичком изучаемого микрометра барабан устанавливался на 10 деление, а в биссектор этой отведенной пары нитей вводилась одна из нитей второй подвижной пары микроскопа прибора при помощи соответствующего вращения его барабана.

Путем такой предварительной регулировки, нити микроскопа прибора могли быть устанавливаемы на расстояниях в 0,1, 0,2, 0,3 и т. д. вплоть до 0,9 оборота винта изучаемого микрометра, т. е. на интервалы, соответствующие 10, 20, 30... 90 делениям барабана.

После каждой предварительной установки расстояния нитей микроскопа прибора производились самые наблюдения, заключающиеся в следующем.

Узкая пара паутинных нитей изучаемого микрометра трехкратно наводилась на правую нить установленного нами постоянного интервала микроскопа прибора и затем точно также на левую. Полученные отчеты барабана записывались, а нити изучаемого микрометра оставались в положении 10 делений. Далее, микроскоп прибора при помощи поперечных салазок перемещался так, чтобы правая нить нашего постоянного интервала в микроскопе прибора попала в середину узкой пары изучаемого микрометра, и снова производилось по три наводки узкой пары изучаемого микрометра на правую и левую нити постоянного интервала

микроскопа прибора. Затем шла новая перестановка микроскопа прибора на 10 делений при помощи салазок, новые наводки нитей изучаемого микрометра и т. д., пока весь изучаемый оборот винта не был сравнен по частям с постоянным интервалом микроскопа прибора. После этого те же наблюдения повторялись в обратном порядке.

Подобные наблюдения были произведены при постоянном интервале в 0,2 оборота или в 20 делений барабана изучаемого микрометра, потом в 0,3 и т. д.

Схема наблюдений имела следующий вид (стр. 57).

Периодические ошибки каждого окулярного микрометра определены только для 5 (среднего) оборота винта и лишь для микроскопа № 4 (U) были изучены кроме того 1 и 10 обороты. Результаты показали, что эти ошибки малы и находятся в пределах точности измерений.

Вычисление наблюдений произведено по схеме Перара, описанной в XVI томе Трудов Международного Бюро мер и весов 1917 г. Наблюдения были произведены в 1930 г. М. А. Афанасьевым и В. Ф. Николаевым, а соответствующие вычисления и составление графиков В. Ф. Николаевым, К. В. Аверьяновым и Ф. Ф. Максимовичем.

Результаты определения периодических ошибок 5 оборота винта пяти микрометров представлены графически на рис. 3. Ошибки выражены в делениях барабана.

Для определения прогрессивных ошибок винтов микрометров были использованы стеклянные шкалы микрометров (рис. 4), которые заменили прибор Askania-Werke, так как по выработанной схеме наблюдений необходимо было получить постоянный интервал в 9 оборотов винта, что на приборе Askania-Werke получить не удалось.

Изучаемый микрометр устанавливался на штативе,

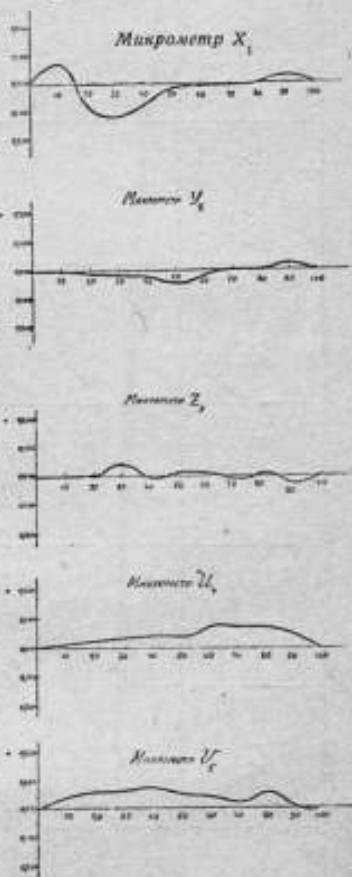


Рис. 3.

0,1 об.	0,2 об.	0,3 об.	0,4 об.	0,5 об.	0,6 об.	0,7 об.	0,8 об.	0,9 об.
0—10 дел.								
10—20 •	0—20 дел.	0—30 дел.	0—40 дел.					
20—30 •	10—30 •	10—40 •	10—50 •	0—50 дел.				
30—40 •	20—40 •	20—50 •	20—60 •	10—60 •	0—60 дел.	0—70 дел.		
40—50 •	30—50 •	30—60 •	30—70 •	20—70 •	10—70 •	10—80 •	0—80 дел.	
50—60 •	40—60 •	40—70 •	40—80 •	30—80 •	20—80 •	20—90 •	10—90 •	0—90 дел.
60—70 •	50—70 •	50—80 •	50—90 •	40—90 •	30—90 •	30—100 •	20—100 •	10—100 •
70—80 •	60—80 •	60—90 •	60—100 •	50—100 •	40—100 •			
80—90 •	70—90 •	70—100 •						
90—100 •	80—100 •							

который помещался на столе. Узкая пара паутинных нитей троекратно наводилась сначала на нулевой а затем на первый штрих стеклянной шкалы изучаемого микрометра, причем нить микрометра оставалась на этом первом обороте винта. Затем шкала передвигалась так, чтобы ее нулевое деление совпало с новым положением паутинных нитей узкой пары, и снова производились по три отчета на нулевом и первом штрихах и т. д. Иными словами, наблюдения производились по такой же точно схеме, как и при определении периодических ошибок, с той лишь разницей, что все перемещения выполнялись теперь на целые обороты.

Схема наблюдений имела следующий вид:

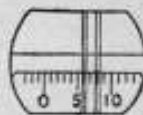


Рис. 4.

0—1 об.																			
	0—2 об.																		
1—2 .		0—3 об.																	
	1—3 .		0—4 об.																
2—3 .		1—4 .		0—5 об.															
	2—4 .		1—5 .		0—6 об.														
3—4 .		2—5 .		1—6 .		0—7 об.													
	3—5 .		2—6 .		1—7 .		0—8 об.												
4—5 .		3—6 .		2—7 .		1—8 .		0—9 об.											
	4—6 .		3—7 .		2—8 .		1—9 .		0—10 об.										
5—6 .		4—7 .		3—8 .		2—9 .		1—10 .											
	5—7 .		4—8 .		3—9 .		2—10 .												
6—7 .		5—8 .		4—9 .		3—10 .													
	6—8 .		5—9 .		4—10 .														
7—8 .		6—9 .		5—10 .															
	7—9 .		6—10 .																
8—9 .		7—10 .																	
	8—10 .																		
9—10 .																			

Результаты определения прогрессивных ошибок всех пяти микрометров представлены графически на рис. 5, причем ошибки выражены в делениях барабана.

После указанных выше исследований микрометры устанавливались в тубусе микроскопов и подвергались неоднократным регулировкам, причем прилагались усилия подогнать их цены деления к одному микрону, после чего втулка микрометра наглухо закреплялась в тубусе микроскопа и производились окончательные измерения.

Определение средней цены деления барабана производилось при помощи инварного дециметра D 40, снабженного сертификатом Международного Бюро мер и весов.

В ванне компаратора на балке устанавливалась специальная латунная пластина с гнездами. На нее помещалась подставка, имеющая три винта— для регулировки по высоте

и два боковых винта—для регулировок по азимуту. Регулировочные винты подставки для устойчивости входят в гнезда латунной пластины.

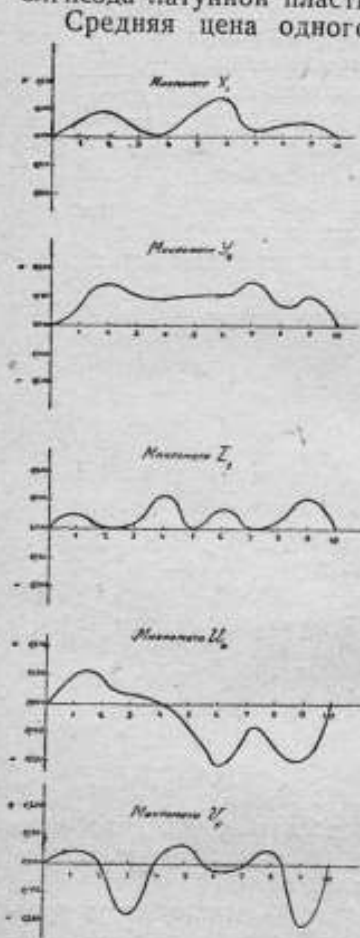


Рис. 5.

Микрометр № 3	$z = 1,00026 \mu \pm 0,00012 \mu$
„ № 4	$u = 1,00057 \mu \pm 0,00010 \mu$
„ № 5	$v = 1,00032 \mu \pm 0,00007 \mu$

Эти результаты были проконтролированы путем измерения одних и тех же интервалов на различных микрометрах.

Исследование винтов микрометров показало, что их периодические ошибки малы и находятся в пределах ошибок

для участка винта, между 0 и 5 оборотами и между 5 и 10 оборотами по интервалам (0,0—0,5) мм и (0,5—1,0) мм на дециметре D 40. Наблюдение предполагалось следующим образом:

Узкая пара паутинных нитей ставилась на нулевой оборот винта и в нее вводился штрих 0,0 мм меры D 40, а затем делались отчеты по микрометру в таком порядке: 3 отчета на штрихе 0,0 мм, 6 отчетов на штрихе 0,5 и снова 3 отчета на штрихе 0,0 мм. Затем дециметр D 40 перемещался в продольном направлении так, чтобы в узкую пару паутинных нитей вошел штрих в 0,5 мм и производились новые 12 отчетов по той же схеме. Далее все наблюдения повторялись в обратном порядке. Для каждого микрометра было произведено по шести таких полных наблюдений. Наблюдения производили М. А. Афанасьев, В. А. Баринев и Н. Я. Бесценный.

Получены следующие результаты:

Микрометр № 1	$x = 1,00016 \mu \pm 0,00008 \mu$
„ № 2	$y = 1,00049 \mu \pm 0,00013 \mu$

измерений и поэтому ими можно пренебречь, тем более, что качество самого штриха может вызвать значительно большие систематические ошибки.

Прогрессивные же ошибки винтов оказались более крупными, чем периодические, хотя и они не превышают 0,2 деления. Но так как влияние прогрессивных ошибок может быть значительно уменьшено соответствующим выбором рабочего участка винта, то при измерениях на этих участках можно пренебрегать и прогрессивными ошибками.

ÉTUDE DES MICROMÈTRES DU COMPAREUR POUR LES RÉGLES DE QUATRE MÈTRES

Par M. A. Afanassiev

(Résumé)

L'étude des micromètres consistait: en détermination des erreurs périodiques et progressives de la vis et en détermination de la valeur moyenne d'une division du tambour du micromètre.

La détermination des erreurs périodiques de la vis fut exécutée au moyen d'un appareil spécial de la maison Askania Werke (fig. 2) par la méthode employée, pour l'étude des divisions des étalons de longueur. Les calculs ont été faits d'après le schéma de P é r a r d. Les erreurs de la vis pour cinq micromètres sont représentées sur la figure 3.

Pour la détermination des erreurs progressives de la vis on a employé les échelles en verre du micromètre. Les résultats de la détermination des erreurs progressives sont représentés sur la figure 5¹.

La détermination de la valeur moyenne d'une division du tambour des micromètres fut faite à l'aide d'une règle d'invar D 40. Les valeurs obtenues sont données sur la page 59.

¹ Les valeurs des erreurs sont exprimées en divisions du tambour.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАТИНОИРИДИЕВОЙ МЕРЫ П 4

Н. И. Адамович

1. При исследовании какой-либо штриховой меры длины, во-первых, измеряют расстояние, заключающееся между осями штрихов, определяющих собою начало и конец этой меры, во-вторых, находят ее тепловое расширение и, в-третьих, выясняют погрешности в расположении нарезанных на мере промежуточных штрихов.

Первая задача решается сличением данной меры с другою, длина которой заранее известна. Подобные сличения производятся при помощи поперечного компаратора, т. е. такого, на котором сличаемые меры перемещаются по направлению перпендикулярному к плоскости, определяемой осями микроскопов компаратора.

Для определения величины теплового расширения производятся подобные же сличения при таких условиях, что образцовая мера находится во все время сличения при некоторой определенной температуре, обычно близкой к температуре воздуха в помещении лаборатории, а исследуемая мера — при ряде различных температур, устанавливаемых в ванне компаратора экспериментатором по его усмотрению. Вероятнейшая величина расширения вычисляется из большого числа уравнений, получаемых на основании произведенных сличений.

Числовые данные, необходимые для составления подобных уравнений, можно получить также сличением обеих мер при ряде различных температур, когда сличаемые меры установлены в одной и той же ванне. Хотя оба способа совершенно равноценны, однако эталонная лаборатория мер длины ВИМС чаще применяет первый способ.

Платино-иридиевая мера П 4¹ была исследована при помощи однометрового компаратора Женевского общества.

Означенный компаратор служит для сличения штриховых мер длиной до 1,25 м. Он снабжен двумя микроскопами, укрепленными в суппортах на пустотелой стальной балке

¹ Эта мера описана во Временнике Главной Палаты мер и весов. Вып. I (13), 1925 г.

(длиною около 2,5 м), лежащей на двух устоях, составляющих одно целое с массивом, заложенным на глубине 12 м и нигде не соприкасающемся ни с фундаментом, ни со стенами здания.

Подвижная тележка компаратора поддерживает две ванны (с двойными стенками), в которых располагаются сличаемые меры длины. Для достижения надежного постоянства температуры этих мер ванны при работе наполняются дистиллированной водой. Передняя (южная) ванна установлена на тележке таким образом, что ее можно легко снять с опор и заменить добавочной стальной двухконсольной балкой, которая поддерживает платформу, перемещаемую от руки в направлении ее оси. Это добавочное приспособление с двумя микроскопами, суппорты которых можно перемещать в пазах вышеупомянутой пустотелой балки по ее длине, составляет продольный компаратор.

Исследуемая мера П 4, на открытой нейтральной плоскости несет две системы штрихов, из которых одна дает международные метрические единицы, верные при 0°, а другая — английский ярд (с его подразделениями), отнесенный к температуре в 62°F или 16²/₃° С. На левом конце стержня обе системы штрихов имеют общее начало, т. е. некоторое деление принимается за начальное как в счете дюймовых, так и в счете метрических подразделений. На расстоянии одной трети дециметра от начального деления имеется штрих (шириною около 0,013 мм), которому на другом конце стержня соответствует штрих, отстоящий от начального на 10¹/₃ дециметров. Метр, определяемый указанными двумя штрихами, так расположен относительно концов стержня, что расстояние этих последних до означенных штрихов одинаковы и поэтому он называется симметричным. Исследованию всегда подвергался именно этот симметричный метр, который обычно обозначается П 4 (¹/₃—10¹/₃) dm.

Впервые мера П 4 была исследована в 1897 г. при помощи компаратора фирмы Траутон и Симмс. Результаты этого исследования с несомненностью показали, что расширение стержня П 4 может быть выражено формулой:

$$\alpha = (8,54 + 0,003 t) 10^{-6},$$

в которой t дано по стоградусной водородной шкале.

Хотя это значение коэффициента расширения меньше того, которое принято как среднее для платино-иридиевых копий международного метра, однако оно может быть признано вполне вероятным, так как такая же величина была найдена директором Международного Бюро мер и весов

Р. Бенуа для платино-иридиевого метра № 13, принадлежащего означенному Бюро¹, а именно

$$\alpha = (8,54 + 0,0026 t) 10^{-6}.$$

Коэффициент расширения меры П 4 был вторично определен в марте 1926 г. сличением ее симметричного метра с инварным метром № 318, обладающим исключительно хорошими штрихами, толщина которых не превосходит 8 микронов.

Перед началом этой работы (2 марта) и по окончании ее (28 марта) инварный метр № 318 был сличен с мерой П 4 при комнатной температуре, причем обе меры при сличении находились в одной и той же ванне компаратора. Эти сличения показали, что метр № 318 в течение периода времени, пока работа происходила, сохранил свою величину неизменной с точностью до $\pm 0,2$ микрона.

Кроме того, перед началом работы была определена цена одного деления барабана каждого микрометра, для чего были использованы поочередно три дециметровые шкалы № 40, № 36 и № 76, снабженные сертификатами Международного Бюро мер и весов. Это определение показало, что одно деление левого микрометра соответствует перемещению его рабочей пары паутиных нитей на 0,50030 микрона, а одно деление правого микрометра—0,49995 микрона. Точность в определении цены одного деления микрометров обусловлена тем, что поправки тех миллиметровых подразделений на вышеуказанных шкалах, по которым цена деления определялась, даны в сертификатах Международного Бюро мер и весов только до одной десятой части микрона.

В 1922 г. была сделана попытка определения приближенных величин поступательных ошибок этих микрометрических винтов. Из небольшого числа измерений, сделанных по дециметровой шкале № 76, выяснилось, что колебания поправок у двух соседних нечетных оборотов не превосходят 0,4 делений.

Из числовых данных, полученных исследованием винтов, выяснилось, что при дальнейших работах следует пользоваться сравнительно небольшим числом витков микрометра, а именно: для левого микроскопа в пределах от 19 до 23 оборота включительно, а для правого—от 20 до 23,5 оборота, что по мере возможности обычно и соблюдается.

При определении коэффициента расширения меры П 4 метр № 318 был установлен в ванне с водой, температура которой во все время работы оставалась постоянной и близ-

¹ Travaux et Mémoires du Bureau International des Poids et Mesures t II, p. 145; t III, p. 43.

Таблица 1

№ по пор.	Температура		Разность П4—№ 318 в микронах	Отклонение температуры меры № 318 от средней 18°,555	Поправка для приведения меры № 318 к темпера- туре 18°,555
	меры П 4	меры № 318			
1	0,43	18,815	— 50,25	+ 0,260	+ 0,45
2	0,332	18,814	— 50,66	+ 0,259	+ 0,45
3	0,353	18,814	— 50,39	+ 0,259	+ 0,45
4	0,366	18,815	— 49,59	+ 0,260	+ 0,45
5	0,480	18,815	— 49,63	+ 0,260	+ 0,45
6	0,491	18,815	— 48,93	+ 0,260	+ 0,45
7	8,588	18,428	+ 21,54	— 0,127	— 0,22
8	8,826	18,428	+ 24,83	— 0,127	— 0,22
9	9,240	18,430	+ 27,18	— 0,125	— 0,22
10	9,562	18,431	+ 30,52	— 0,124	— 0,22
11	9,792	18,432	+ 32,98	— 0,123	— 0,21
12	10,088	18,433	+ 25,62	— 0,122	— 0,21
13	18,415	18,548	+ 106,63	— 0,007	— 0,01
14	18,423	18,547	+ 106,52	— 0,008	— 0,01
15	18,427	18,550	+ 107,07	— 0,005	— 0,01
16	18,436	18,555	+ 107,22	0,000	0,00
17	18,440	18,558	+ 107,46	+ 0,003	+ 0,01
18	18,446	18,568	+ 107,38	+ 0,013	+ 0,02
19	27,923	18,497	+ 189,19	— 0,058	— 0,10
20	27,606	18,506	+ 186,65	— 0,049	— 0,08
21	27,320	18,510	+ 185,04	— 0,045	— 0,08
22	27,091	18,522	+ 182,92	— 0,033	— 0,06
23	26,843	18,530	+ 180,18	— 0,025	— 0,04
24	26,657	18,540	+ 178,26	— 0,015	— 0,03
25	34,725	18,431	+ 249,49	— 0,124	— 0,22
26	34,241	18,444	+ 244,89	— 0,111	— 0,19
27	33,840	18,451	+ 241,02	— 0,104	— 0,18
28	33,460	18,459	+ 237,59	— 0,096	— 0,17
29	33,069	18,472	+ 234,94	— 0,083	— 0,14
30	32,720	18,485	+ 231,89	— 0,070	— 0,12
		18,555			

Таблица II

			Δ
			Набл.—Выч.
$x + 0,342 y + 0,11696 z = 49,80$			+ 0,07
$x + 0,332 y + 0,11022 z = 50,21$			+ 0,40
$x + 0,353 y + 0,12461 z = 49,94$			+ 0,31
$x + 0,366 y + 0,13396 z = 49,14$			+ 0,38
$x + 0,480 y + 0,23040 z = 48,58$			+ 0,05
$x + 0,491 y + 0,24108 z = 48,48$			+ 0,04
$x + 8,588 y + 73,75374 z = 21,32$			+ 0,42
$x + 8,826 y + 77,89823 z = 24,61$			- 0,80
$x + 9,240 y + 85,37760 z = 26,96$			+ 0,44
$x + 9,562 y + 91,43118 z = 30,30$			- 0,11
$x + 9,792 y + 95,88326 z = 32,77$			- 0,58
$x + 10,088 y + 101,74757 z = 35,41$			- 0,66
$x + 18,415 y + 339,11223 z = 106,62$			+ 0,41
$x + 18,423 y + 339,40693 z = 106,51$			+ 0,59
$x + 18,427 y + 339,55433 z = 107,06$			+ 0,07
$x + 18,436 y + 339,88610 z = 107,22$			- 0,01
$x + 18,440 y + 340,03360 z = 107,47$			- 0,22
$x + 18,446 y + 340,25492 z = 107,40$			- 0,10
$x + 27,923 y + 779,91733 z = 189,09$			+ 0,61
$x + 27,606 y + 762,09124 z = 186,57$			+ 0,34
$x + 27,320 y + 746,38240 z = 184,56$			- 0,54
$x + 27,091 y + 733,92228 z = 182,86$			- 0,43
$x + 26,843 y + 720,54665 z = 180,14$			+ 0,13
$x + 26,657 y + 710,59555 z = 178,23$			+ 0,42
$x + 24,725 y + 1205,82563 z = 249,27$			- 0,42
$x + 24,241 y + 1172,44608 z = 244,70$			- 0,06
$x + 33,840 y + 1145,14560 z = 240,84$			+ 0,31
$x + 33,460 y + 1119,57160 z = 237,42$			+ 0,42
$x + 33,069 y + 1093,55876 z = 234,80$			- 0,36
$x + 32,720 y + 1070,59840 z = 231,77$			- 0,37

кой в среднем к 18, 555°C; температура же воды в другой ванне, в которой находилась мера П 4, менялась в пределах от 0,3° до 34,7°C; (табл. I).

Из тридцати полных сличений получена система уравнений (табл. II) с тремя неизвестными, из которых величина x обозначает разность в длине меры П 4 при 0° и метра № 318 при $18,555^\circ\text{C}$, величина y — коэффициент расширения метра на мере П-4, а величина z — его поправку на температуру.

В данном случае нормальные уравнения имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} 30x + 534,545y + 13825,899z &= 3058,15 \\ 534,545x + 13825,899y + 393317,38z &= 91840,759 \\ 13825,899x + 393317,38y + 11783181,3z &= 2685790,4. \end{aligned}$$

Решение нормальных уравнений дает

$$\begin{aligned} x &= -52,69011 \\ y &= + 8,66176 \\ z &= + 0,0006334. \end{aligned}$$

Если подставить определенные таким образом x , y и z в уравнения табл. II и взять разность, обозначаемую знаком Δ , между величинами непосредственно наблюдаемыми и вычисленными, то найдем для средней квадратично погрешности m значение:

$$m = \pm 0,415,$$

причем вероятные ошибки в определении неизвестных будут:

$$\begin{aligned} r_x &= \pm 0,11 \\ r_y &= \pm 0,016 \\ r_z &= \pm 0,0004. \end{aligned}$$

Итак имеем для коэффициента расширения меры величину:

$$\alpha = (8,66 + 0,0006t) 10^{-6}.$$

Сравнивая значения коэффициента расширения, полученные лабораторией в 1897 г. и в 1926 г., замечаем значительное расхождение, достигающее в первом члене коэффициента 0,12. Это обстоятельство заставило повторить определение коэффициента расширения меры П 4 в 1930 г. Работа была выполнена на четырехметровом компараторе в период времени с 8 июня по 8 июля. Наблюдения производили сотрудники лаборатории М. А. Афанасьев, А. В. Брейво и В. А. Дубровин. В этой работе были использованы две серии температур от 0° до 34° и затем обратно от 34° до 0° ,

причем в каждой серии было сделано по 36 наблюдений. Означенные две серии наблюдений были обработаны отдельно и получены следующие результаты.

Из 36 наблюдений серии восходящих температур (от 0°,5 до 33°,8) найдено:

$$x = 8,57_5 \pm 0,032$$

$$z = 0,030 \pm 0,0009,$$

откуда коэффициент расширения α в для восходящих температур будет:

$$\alpha_v = (8,57_5 + 0,003 t) 10^{-6}.$$

Из 36 наблюдений серии убывающих температур (от 33°,7 до 0°,7) найдено:

$$y = 8,570 \pm 0,023$$

$$z = 0,0029 \mp 0,0006,$$

откуда коэффициент расширения для убывающих температур будет:

$$\alpha_y = (8,57 + 0,003 t) 10^{-6}.$$

Когда же обе серии из 72 наблюдений были соединены в одну систему и рассчитаны, то получили:

$$y = 8,574 \pm 0,021$$

$$z = 0,0029 \pm 0,0006,$$

откуда окончательно:

$$\alpha = (8,574 + 0,003 t) 10^{-6},$$

каковая величина и должна быть принята впредь в качестве коэффициента расширения меры П 4. Последняя формула была два раза проверена в 1931 г. М. А. Афанасьевым и В. А. Бариновым, которые нашли:

$$\alpha_1 = (8,58 + 0,002 t) 10^{-6} \quad \text{и} \quad \alpha_2 = (8,61 + 0,002 t) 10^{-6}.$$

Для эталонирования меры П 4 была установлена на платформе продольного компаратора при помощи двух призматических подставок (5 см \times 2 см \times 3 см), между осями которых расстояние равнялось приблизительно 608 мм. Суппорты с микроскопами компаратора были придвинуты один к другому настолько, чтобы через них можно было отчетливо видеть штрихи, определяющие собою первый дециметр. Затем платформа с лежащей на ней мерой передвигалась так, чтобы в поле зрения микроскопов можно было наблюдать штрихи, определяющие собою дециметры, подлежащие измерению, и в дальнейшем обозначенные (1—2), (2—3), (3—4), (4—5), (5—6), (6—7), (7—8), (8—9) и (9—10).

На каждый штрих наводилась рабочая пара паутинных нитей и производилось на микрометрах по 12 отчетов, из которых составлялось среднее арифметическое, которое принималось за величину, характеризующую положение наблюдаемого штриха относительно оптической оси микроскопа.

Раздвигая суппорты микроскопов так, чтобы расстояние между оптическими осями их равнялось приблизительно двум дециметрам, подобным же способом сличали между собою интервалы длиной в два дециметра.

Продолжая раздвигать суппорты микроскопов на расстояния, каждый раз возрастающие на один дециметр, доходили, наконец, до интервала (0—10) dm, который сравнивали непосредственно с симметричным метром, упомянутым ранее.

Все интервалы, сличенные таким образом друг с другом, перечислены на нижеследующей схеме:

0—1																			
	0—2																		
1—2		0—3																	
	1—3		0—4																
2—3		1—4		0—5															
	2—4		1—5		0—6														
3—4		2—5		1—6		0—7													
	3—5		2—6		1—7		0—8												
4—5		3—6		2—7		1—8		0—9											
	4—6		3—7		2—8		1—9		0—10										
5—6		4—7		3—8		2—9		1—10											
	5—7		4—8		3—9		2—10												
6—7		5—8		4—9		3—10													
	6—8		5—9		4—10														
7—8		6—9		5—10															
	7—9		6—10																
8—9		7—10																	
	8—10																		
9—10																			

Когда приходится изучать подразделения, нанесенные в некотором числе на штриховой мере длины и номинально равные между собой, то никогда нельзя утверждать, что отношение двух произвольно выбранных отрезков точно равно отношению каких-либо других отрезков. Это объясняется тем, что означенные отрезки в процессе их конкретного воспроизведения на поверхности меры не получают безошибочными, и погрешности, возникающие при нарезании штрихов, не остаются постоянными.

В рассматриваемом нами случае требуется найти значения отдельных дециметров, обладающих определенными погрешностями, величины которых назовем $x_0, x_1, x_2 \dots x_{10}$.

Метод эталонирования подразделений, нарезанных на мере длины и предлагаемых номинально равными друг другу, был разработан в 1874 г. Хансен¹ и усовершенствован В. I. Marek². Означенный метод неоднократно применялся сотрудниками Международного Бюро мер и весов при обработке различного рода измерений. Так например, R. Venoit, применив метод Marek, дал более краткий ход решения составляемых при этом уравнений.³ Pernet, указав способ вычисления вероятных ошибок, уточнил этим способ Venoit-Marek⁴. O. I. Broch, прорабатывая детали метода, значительно упростил его и привел числовые примеры, поясняющие теорию.⁵

Ch. Ed. Guillaume посвятил вопросу об эталонировании подразделений мер длины мемуар, помещенный в *Travaux et Mémoires*, t. XIII, 1907. В этом мемуаре также имеются числовые примеры решения уравнений, получаемых при эталонировании разделенной меры. Наконец, к этому же вопросу в 1917 г. вновь возвратился сотрудник Международного Бюро мер и весов A. Pégard.⁶

Эталонирование дециметровых подразделений было выполнено на продольном компараторе Женевского общества сотрудниками лаборатории М. А. Афанасьевым и А. В. Брейво.

Составив из результатов непосредственных наблюдений систему из 55 начальных уравнений, и решив их по способу, предложенному Pégard⁶ом, нашли для погрешностей, обозначенных буквами x , следующие значения:

$x = -1,89$	микрона
$x = -1,02$	"
$x = -4,25$	"
$x = +0,97$	"
$x = -0,53$	"
$x = +2,38$	"
$x = -2,30$	"
$x = +4,22$	"
$x = -1,28$	"

¹ Bestimmung der Theilungsfehler eines geradlinigen Maassstabes.

² Ueber die Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate auf die Kalibrierung der Thermometer. Carl's Repertorium für Experimentalphysik. T. 15, 1879, S. 300.

³ Mesures de dilatation et comparaisons des règles métriques. Travaux et Mémoires du B. I. P. M. t. II, 1883.

⁴ Comparaisons des mètres dans l'air à la température ambiante. Travaux et Mémoires du B. I. P. M. t. IV, 1885.

⁵ Note sur l'étalonnage des sousdivisions d'une règle. Travaux et Mémoires du B. I. P. M. t. V, 1886.

⁶ Note sur le calcul des étalonnages des grandeurs en progression arithmétique. Travaux et Mémoires du B. I. P. M. t. XVI, 1917.

Эти результаты определены со средней ошибкой равной $\pm 0,2$ микрона.

Для вычисления значений отдельных дециметров надо знать величину всех первых десяти дециметров изучаемой меры, т. е. П4 (0—10) dm. Этот отрезок известен из сличения с симметричным метром П4 $\left[\frac{1}{3} - 10\frac{1}{3}\right]$ dm, который был сличен в 1923 г. А. А. Поликарповым и М. А. Афанасьевым с платино-иридиевыми метрами № 28 и № 11. Из этих сличений найдено, что при 0° длина симметричного метра меньше 1 м на 4,7 микрона, т. е. получена совершенно та же величина, которая была впервые установлена для этого метра еще в 1897 г. и опубликована во „Временнике Главной Палаты мер и весов“, выпуск I.

Из сличений метров П4 (0—10) dm и П4 $\left(\frac{1}{3} - 10\frac{1}{3}\right)$ dm найдено, что общая длина П4 (0—10) dm меньше 1 м на 10,2 микрона. Поэтому дециметровые промежутки, считая их длину от нулевого штриха, будут иметь следующие значения:

(0—1) dm	=	1 dm	—	2,9 μ
(0—2) .	=	2 .	—	3,1 .
(0—3) .	=	3 .	—	7,3 .
(0—4) .	=	4 .	—	3,1 .
(0—5) .	=	5 .	—	5,6 .
(0—6) .	=	6 .	—	3,8 .
(0—7) .	=	7 .	—	9,5 .
(0—8) .	=	8 .	—	3,9 .
(0—9) .	=	9 .	—	10,5 .
(0—10) .	=	10 .	—	10,2 .

ÉTUDE DE LA RÈGLE П 4 EN PLATINE IRIDIÉ

Par N. I. Adamovitch

(Résumé)

La règle en question est construite par la maison anglaise Johnson, Matthey et Co du même alliage que celui qui fut employé pour la construction de l'étalon international du mètre et des étalons nationaux. Elle a une section en forme de X de la même dimension que celle de l'étalon international.

Sur le plan neutre de la règle furent tracés des traits de divisions du système métrique: 1) tous les décimètres de 0 à 10, 2) les subdivisions en quarts d'un mètre, 3) les subdivisions $\frac{1}{3}$ dm, $\frac{2}{3}$ dm, $10\frac{1}{3}$ dm, $10\frac{2}{3}$ dm, et 4) quelques centimètres et millimètres.

La longueur du mètre symétrique, renfermé entre les traits $\frac{1}{3}$ dm et $10\frac{1}{3}$ dm, fut comparée avec le mètre étalon No 28 en platine iridié en 1926 et sa dilatabilité déterminée deux fois — en 1926 et en 1930 dans l'intervalle des températures 0° et 34°, en employant les thermomètres Baudin Nos 13881, 13882, 15658, 15659 et 15660. De 30 observations on a trouvé la même valeur qui fut déterminée en 1910 par Maudet et Blumbach à Sèvres, à savoir:

$$\alpha = (8,66 + 0,001 t) 10^{-6}.$$

La deuxième étude de la dilatation de cette règle, exécutée en 1930 par M. A. Afanassieff et V. A. Barinov, a donné la formule:

$$\alpha = (8,57 + 0,002 t) 10^{-6}.$$

La dernière formule fut vérifiée en 1931 par les mêmes observateurs qui ont trouvé (les résultats préliminaires),

$$\alpha = (8,58 + 0,003 t) 10^{-6}$$

$$\alpha = (8,61 + 0,002 t) 10^{-6}.$$

L'étalonnage des subdivisions décimétriques fut exécuté sur le comparateur longitudinal de la Société Genevoise et calculé d'après la méthode de A. Pérard. On a obtenu les résultats indiqués sur la page 1.

ТРЕХМЕТРОВЫЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ ЖЕЗЛ № 585 ИЗ ПЛАТИНИТА

М. А. Афанасьев

1. Описание жезла № 585. Трехметровый платинитовый жезл № 585, принадлежащий Главному геодезическому комитету, и приобретенный в 1928 г. от Société Genevoise pour la Construction des Instruments de Physique et de Mécanique, представляет собою стержень длиною в 306 см с сечением в виде буквы Н (рис. 1), высотой в 33 мм, шириною в 35 мм и толщиной стенок в 8 мм. На верхних плоскостях стержня выгравированы надписи: а) на левом конце „№ 585“ и „20°C“, б) на правом конце: „Acier Ni 42%“, „С 1570“ и „S. I. P. Genève“.

На нейтральной плоскости стержня на расстоянии 1 м одна от другой, имеются четыре полированные площадки с нарезанными на них четырьмя группами штрихов толщиной около 5 микронов каждый. В каждой группе штрихов имеются две продольные черты, которые определяют ось меры, и одиннадцать перпендикулярных к оси меры штрихов, из которых средний обозначает начало или конец целого метра в соответствии с нанесенными при них числами 0, 1, 2, и 3. Расстояние между соседними штрихами каждой из этих групп равняется 0,2 мм.

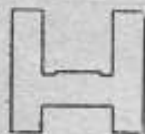


Рис. 1

На одной из боковых наружных поверхностей жезла, на расстоянии 645 мм от концов и 1770 мм друг от друга, нарезаны две грубые черты, обозначающие места для точек опоры жезла.

Исследование жезла № 585 производилось на четырехметровом компараторе.¹

Вследствие колебания массива, на котором установлен компаратор, от уличного трамвайного и грузового движения, наблюдения на компараторе производились в ночное время, когда движение затихает.

Изучение трехметрового платинитового жезла № 585 со-

¹ Описание компаратора дано в статье Н. И. Адамовича, стр. 3.

стояло: 1) в определении температурного удлинения,¹ 2) в сличении отдельных метров с копией прототипа международного метра № 28, 3) в контрольных сличениях общей длины жезла № 585 (0—3) м с платиновым жезлом Н 15 (0—3) м и 4) в определении расстояний между отдельными вспомогательными штрихами.

2. Определение коэффициента расширения жезла № 585. Определение температурного удлинения было произведено по абсолютному методу путем сравнения его общей длины с инварным жезлом D 11 (0—3) м, изученным в Главной Палате мер и весов в 1926 г., температурное удлинение которого на 1 градус равно $(2,35 \mu + 0,001 \mu t) 10^{-6}$.

Жезл № 585 был установлен в большой ванне компаратора (рис. 2) вместе с контрольным жезлом Н 15, а в малой



Рис. 2.

ванне компаратора — жезл D 11. Для определения температуры воды, наполнявшей ванны при жезлах № 585 и Н 15 находились термометры фирмы *Vaudin*'а №№ 15658, 15659 и 15660, а при жезле D 11 — № 13881 и 13882. Термометры №№ 15658, 15659 и 15660 имеют сертификаты Международного Бюро мер и весов, а термометры №№ 13881 и 13882 были изучены в эталонной термометрической лаборатории ВИМС.

Температура воды в большой ванне компаратора менялась от 0°, 5 до 32°, в малой же ванне температура тщательно

¹ Под температурным удлинением жезла подразумевается его линейное расширение на всю его длину и на 1 градус в отличие от употребляемого обычно термина «коэффициент расширения», который выражает линейное расширение меры на единицу длины и на 1 градус.

поддерживалась около $16^{\circ},2$ и была во все время наблюдений приблизительно постоянной.

Отчеты температуры во время наблюдения в большой ванне производились четыре раза: 1) после перемешивания воды перед началом наблюдения, 2) когда все меры в первой половине наблюдения были сличены между собою, 3) после нового перемешивания воды и 4) когда сличение мер закончено. В малой ванне компаратора температура отчитывалась после перемешивания воды до начала наблюдения и после окончания наблюдения.

Таблица I

№ наблю- дения	Время	Наблю- датель	t Температу- ра жезла № 585	t_1 Температу- ра жезла D 11	m Разность № 585 — D 11 в микронах
1	15. X. 1909	A ¹	0°,486	16°,317	— 374,31
2	"	Д	0°,492	16°,302	— 374,09
3	"	А	0°,504	16°,274	— 374,21
4	"	Д	0°,505	16°,264	— 374,28
5	17. X. 1909	А	8°,524	16°,193	— 245,44
6	"	Д	8°,856	16°,170	— 240,17
7	"	Б	9°,020	16°,162	— 237,15
8	"	А	9°,093	16°,160	— 236,14
9	21. X. 1909	А	15°,366	16°,146	— 136,62
10	"	Б	15°,385	16°,153	— 136,52
11	"	Д	15°,414	16°,162	— 136,04
12	"	Б	15°,439	16°,186	— 135,98
13	25. X. 1909	А	23°,236	16°,076	— 13,28
14	"	Б	23°,114	16°,136	— 13,50
15	"	Д	22°,652	16°,187	— 18,23
16	"	А	22°,753	16°,252	— 20,33
17	26. X. 1909	А	32°,254	16°,242	— 125,85
18	"	Б	31°,830	16°,240	— 118,07
19	"	А	31°,520	16°,298	— 114,37
20	"	Б	31°,225	16°,359	— 110,18
			Среднее — 16,214		

Каждое отдельное наблюдение заключало в себе 72 наводки микрометров GI и GIV на начальные и конечные штрихи (0 м и 3 м) сравниваемых жезлов. Порядок наблюдения был следующий: 1) отчеты левого, правого, прилого

¹ Значение букв: А — Афанасьев М. А., Б — Брейво А. В. и Д — Дубровин В. А.

и левого концов жезла D 11, 2) такие же отчеты для жезла H 15, и затем жезла № 585, 3) перемешивание воды и 4) повторение всех отчетов в обратном порядке. Таким образом расположение наблюдения было строго симметричным. Цены делений микрометров были определены по миллиметровым подразделениям на инварных дециметрах D 40 (Ni 36%), D 36 (Ni 42%) и D 76 (Ni 58%). В среднем, из более чем 6 000 отделенных отчетов, были получены следующие цены делений:

$$\begin{aligned} \text{Микроскоп GI: } x &= 1,00074 \mu \pm 0,00007 \mu \\ \text{II: } y &= 0,99998 \mu \pm 0,00012 \mu \\ \text{III: } z &= 1,00095 \mu \pm 0,00008 \mu. \end{aligned}$$

Всего было произведено 20 наблюдений при возрастающих температурах жезла № 585 близких к $0,5^\circ$, 9° , $15,4^\circ$, 23° и 32° . Они дали разность длин жезлов № 585 (0—3) м и D 11 (0—3) м, при соответственных температурах наблюдений. Эту разность можно выразить следующим уравнением:

$$(\text{№ 585})t - (\text{D 11})t_1 = m \dots \dots \dots (1)$$

где t — температура жезла № 585, t_1 — температура жезла D 11 и m — наблюдаемая разность жезлов.

Результаты наблюдений указаны в табл. I, причем наблюдаемые разности были предварительно приведены к средней температуре $t = 16,214^\circ$ жезла D 11; необходимое для этого истинное его температурное удлинение было получено по формуле:

$$\frac{\Delta L}{\Delta t} = \alpha_0 + 2\beta t.$$

Применяя квадратичную формулу для выражения длины жезла № 585 в интервале температур от $t_0 = 0$ до t , придаем уравнению (1) следующий вид:

$$(\text{№ 585})t_0 + (\text{№ 585}) \alpha t + (\text{№ 585}) \beta t^2 - (\text{D 11})t_1 = m$$

или

$$x + y t + z t^2 = m,$$

где x — разность длин жезла № 585 при t_0 и жезла D 11 при t_1 , $y + z t$ — его среднее температурное удлинение. Тогда результаты наблюдений, помещенные в табл. I, переписутся в следующем виде (табл. II).

Из этих уравнений вытекают следующие нормальные уравнения способа наименьших квадратов:

$$\begin{aligned} 20x - 317,968y - 7405,526z &= -2600,32 \\ 317,968x - 7405,526y - 193739,41z &= -4346,254 \\ 7405,526x - 193739,41y - 5418815,2z &= -230336,0. \end{aligned}$$

Результаты решения:

$$x = -382,31359$$

$$y = -16,20214$$

$$z = -0,014288.$$

Подставляя в табл. II найденные значения неизвестных x , y и z и сравнивая их с величинами, полученными непосредственно из наблюдения, находим отклонения Δ наблюдаемых результатов от вычисленных. Эти отклонения приведены в последнем столбце табл. II.

Таблица II

			Δ
$x + 0,486$	$y + 0,23620$	$z = -374,31$	$\mu + 0,13$
$x + 0,492$	$y + 0,24206$	$z = -374,09$	$\mu + 0,25$
$x + 0,504$	$y + 0,25402$	$z = -374,21$	$\mu - 0,06$
$x + 0,505$	$y + 0,25502$	$z = -374,28$	$\mu - 0,14$
$x + 8,524$	$y + 72,65858$	$z = -245,44$	$\mu - 0,20$
$x + 8,856$	$y + 78,42874$	$z = -240,17$	$\mu - 0,22$
$x + 9,020$	$y + 81,36040$	$z = -237,15$	$\mu + 0,17$
$x + 9,093$	$y + 82,68265$	$z = -236,14$	$\mu + 0,03$
$x + 15,366$	$y + 236,11396$	$z = -136,62$	$\mu + 0,11$
$x + 15,385$	$y + 236,69822$	$z = -136,52$	$\mu - 0,09$
$x + 15,414$	$y + 237,59140$	$z = -136,04$	$\mu - 0,07$
$x + 15,439$	$y + 238,36272$	$z = -135,98$	$\mu - 0,40$
$x + 23,236$	$y + 539,91170$	$z = -13,28$	$\mu + 0,28$
$x + 23,114$	$y + 534,25700$	$z = -15,50$	$\mu - 0,05$
$x + 22,952$	$y + 526,79430$	$z = -18,23$	$\mu - 0,26$
$x + 22,753$	$y + 517,69901$	$z = -20,33$	$\mu + 0,73$
$x + 32,254$	$y + 1040,32052$	$z = +125,35$	$\mu - 0,06$
$x + 31,830$	$y + 1013,14890$	$z = +118,07$	$\mu - 0,85$
$x + 31,520$	$y + 993,51040$	$z = +114,37$	$\mu + 0,19$
$x + 31,225$	$y + 975,00062$	$z = +110,18$	$\mu + 0,51$

Из этих величин Δ получаем:

Средняя квадратичная погрешность отдельного наблюдения

$$\delta = \pm \sqrt{\frac{|\Delta^2|}{n-k}} = \pm 0,352\mu.$$

Вероятная погрешность отдельного наблюдения:

$$z = 0,6745 \sqrt{\frac{|\Delta^2|}{n-k}} = \pm 0,237\mu.$$

Вычисление вероятных погрешностей для неизвестных дало следующие величины:

$$\text{Для } x: E = \pm 0,12$$

$$y: E = \pm 0,016$$

$$z: E = \pm 0,0005.$$

3. Изучение отдельных метров. Изучение отдельных метров (0—1) м, (1—2) м и (2—3) м жезла № 585 было произведено сравнением их с платиноиридиевым эталоном метра № 28 в воде при комнатной температуре.

Мера № 28 была установлена в большой ванне компаратора так, чтобы в микроскопе G III наблюдался нулевой штрих меры № 28, а в микроскопе G IV штрих, соответствующий 1 м. В этой же ванне был помещен и жезл № 585, причем его расположение в ванне относительно меры № 28 менялось, в зависимости от того, который из метров на жезле № 585 сличался с эталоном международного метра № 28. Для определения температуры сличаемых мер в ванну компаратора были положены около сличаемых мер термометры Vaudin'a №№ 15658, 15659 и 15660. Температура отчитывалась во время наблюдения два раза, первый раз—после перемешивания воды до начала наблюдения и второй раз—после окончания наблюдения.

При сличении отдельных метров с мерой № 28 было произведено 12 наблюдений, по четыре наблюдения над каждым отдельным метром, причем каждое наблюдение заключало в себе 48 отчетов по двум микроскопам G III и G IV.

Результаты сличения отдельных метров жезла № 585 приведены в табл. III—V.

Таблица III

I. Сличение № 585 (2—3) м с М 28

Положение мер и термометров указано на рис. 3

Наблюдатель	Время сличения 1929 г.	Средняя температура t	Δt	Разность в микронах № 585 (2—3) м — М 28			Δ
				Наблюдённая	$\Delta t, \Delta \mu$	Исправленная	
А	2. XII	16°,740	+0°,006	-154,25 μ	-0,02 μ	-154,27 μ	+0,33 μ
Д	"	16°,743	+0°,003	-153,70 μ	-0,01 μ	-153,71 μ	-0,23 μ
Д	"	16°,749	-0°,003	-153,92 μ	+0,01 μ	-153,91 μ	-0,03 μ
А	"	16°,758	-0°,007	-153,89 μ	+0,02 μ	-153,87 μ	-0,07 μ
Среднее 16°,746				-153,94 μ		-153,94 μ	

[№ 585 (2—3) м — М 28] = -153,94 μ при 16°,746.

Средняя квадратичная погрешность наблюдения:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{1 \Delta^2 1}{n-1}} = \pm 0,24 \mu.$$

* См. выноску на стр. 60.

Таблица IV

Сличение № 585 (1-0) м с М 28

Положение мер и термометров указано на рис. 4

Наблюдатель ¹	Время сличения 1929 г.	Средняя температура t	Δt	Разность в микронах № 585 (1-0) м — М 28			Δ
				Наблюденная	$\Delta t \cdot \Delta \mu$	Исправленная	
А	3. XII	16°,854	+ 0°,006	- 169,99 μ	- 0,02 μ	= - 170,01 μ	- 0,16 μ
Д	"	16°,861	+ 0°,001	- 170,11 μ	0,00 μ	= - 170,11 μ	- 0,06 μ
А	"	16°,863	- 0°,003	- 170,36 μ	+ 0,01 μ	= - 170,35 μ	+ 0,18 μ
Д	"	16°,863	- 0°,003	- 170,22 μ	+ 0,01 μ	= - 170,21 μ	+ 0,04 μ
Среднее 16°,860				- 170,17 μ		- 170,17 μ	

[№ 585 (1-0) м — М 28] = - 170,17 μ при 16°,860.

Средняя квадратичная погрешность наблюдения:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{1 \nabla^2 1}{n-1}} = \pm 015 \mu.$$

Таблица V

Сличение № 585 (2-1) м с М 28

Положение мер и термометров указано на рис. 5

Наблюдатель ¹	Время сличения 1929 г.	Средняя температура t	Δt	Разность в микронах № 585 (2-1) м — М 28			Δ
				Наблюденная	$\Delta t \cdot \Delta \mu$	Исправленная	
Б	4. XII	16°,902	+ 0°,000	- 177,81 μ	+ 0,00 μ	= - 177,81 μ	- 0,10 μ
А	"	16°,901	+ 0°,001	- 177,65 μ	+ 0,00 μ	= - 177,65 μ	- 0,11 μ
А	"	16°,902	+ 0°,000	- 177,86 μ	+ 0,00 μ	= - 177,86 μ	- 0,08 μ
В	"	16°,904	- 0°,002	- 177,64 μ	+ 0,01 μ	= - 177,80 μ	- 0,06 μ
Среднее 16°,902				- 177,74 μ		- 177,74 μ	

[№ 585 (2-1) м — М 28] = - 177,74 μ при 16°,902.¹ См. выноску на стр. 60.

Средняя квадратичная погрешность наблюдения:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{|\Delta^2|}{n-1}} = \pm 0,10 \mu.$$

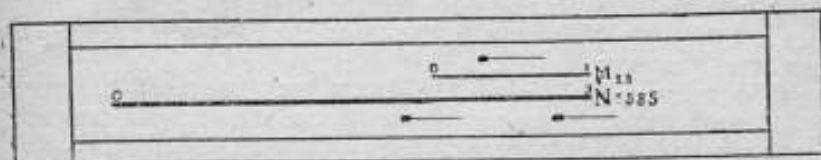


Рис. 3.

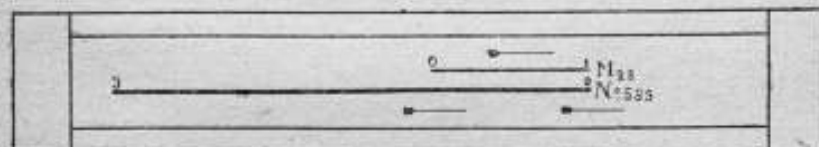


Рис. 4.



Рис. 5.

Окончательно получены следующие значения при 20°C :

$$\begin{aligned} \text{№ 585 [0-1]} \quad m &= 1 \text{ м} - 7,08 \mu \pm 0,07 \mu \\ \text{№ 585 [1-2]} \quad m &= 1 \text{ м} - 14,53 \mu \pm 0,05 \mu \\ \text{№ 585 [2-3]} \quad m &= 1 \text{ м} + 8,70 \mu \pm 0,12 \mu. \end{aligned}$$

Откуда общая длина трехметрового жезла № 585 [0-3] м при 20° равна:

$$\text{№ 585 [0-3]} \quad m = 3 \text{ м} - 12,91 \mu$$

а при всякой другой температуре от 0° до 32° выражается уравнением:

$$\text{№ 585 [0-3]} \quad m = 3 \text{ м} - 331,24 \mu + 16,20 \mu t - 0,014 \mu t^2.$$

4. Сличение жезла № 585 с жезлом Н 15. Кроме приведенных сличений отдельных метров на трехметровом жезле № 585 [0—3] м с эталоном международного метра № 28, общая длина жезла для контроля определялась двукратно сличением в воде при комнатной температуре с трехметровым жезлом Н 15 [0—3] м до и после определения термического удлинения жезла № 585.

Оба жезла № 585 и Н 15 были установлены в воде в большой ванне компаратора, а около сличаемых жезлов были положены термометры Vaudin'a №№ 15658, 15659 и 15660. Отчеты по микроскопам и термометрам производились по предыдущей схеме. Всего было произведено 8 наблюдений: четыре наблюдения до определения термического удлинения и четыре—после его определения. Результаты сличения жезла № 585 (0—3) м с жезлом Н 15 (0—3) м приведены в табл. VI и VII. Положение мер и термометров указано на рис. 6.

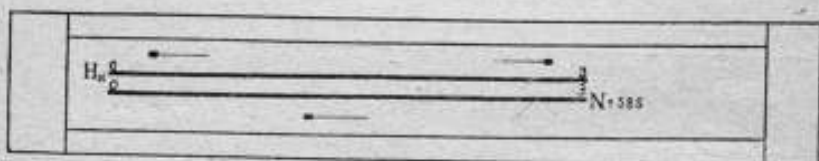


Рис. 6.

Таблица VI

Контрольное сличение жезла № 585 (0—3) м с жезлом до Н 15 (0—3) м до определения термического удлинения

Наблюдения	Время сличения 1929 г.	Средняя температура t	Δt	Разность в микронах № 585 (0—3) м — Н 15 (0—3) м			Δ
				Наблюдения	$\Delta t \cdot \Delta \mu$	Исправленная	
А	28.IX	16°,147	-0°,001	-459,74 μ	-0,01 μ	=-459,73 μ	-0,05 μ
Д	.	16°,145	-0°,001	-459,58 μ	-0,01 μ	=-459,59 μ	-0,09 μ
А	.	16°,147	-0°,001	-459,69 μ	-0,01 μ	=-459,68 μ	-0,00 μ
Д	"	16°,145	-0°,001	-459,73 μ	-0,01 μ	=-459,74 μ	-0,06 μ
Среднее 16°,146				-459,68 μ		=-459,68 μ	

[№ 585 (0—3) м — Н 15 (0—3) м] = -459,68 μ при 16°,146

¹ См. выноски на стр. 60.

Средняя квадратичная погрешность наблюдения:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{1 \Delta^2 1}{n-1}} = \pm 0,07 \mu.$$

Таблица VII

Контрольное сличение жезла № 585 (0—3) м с жезлом Н 15 (0—3) м после определения термического удлинения

Наблюдатель	Время сличения 1929 г.	Средняя температура t	Δt	Разность в микровах № 585 (0—3) м—Н (0—3) м			Δ
				Наблюденная	$\Delta t \cdot \Delta \mu$	Исправленная	
А	7.XII	17°, 142	+0°, 002	- 465, 69 μ	- 0,01 μ	= - 465,70 μ	+ 0,00 μ
Д	•	17°, 145	-0°, 001	- 465, 60 μ	+ 0,01 μ	= - 465,59 μ	- 0,11 μ
Д	•	17°, 143	+0°, 001	- 465, 90 μ	- 0,01 μ	= - 465,91 μ	+ 0,21 μ
А	•	17°, 145	-0°, 001	- 465, 68 μ	+ 0,01 μ	= - 465,62 μ	- 0,03 μ
Среднее 17°, 144				- 465, 70		- 465,70	

[№ 585 (0—3) м—Н 15 (0—3) м] = - 465,70 при 17°, 144 μ

Средняя квадратичная погрешность наблюдения:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{1 \Delta^2 1}{n-1}} = \pm 0,14 \mu.$$

Откуда длина жезла № 585 (0—3) м при 20°:

1) до определения термического удлинения:

$$\text{№ 585 (0—3) м} = 3 \text{ м} - 12,67 \mu \pm 0,04 \mu,$$

2) после определения:

$$\text{№ 585 (0—3) м} = 3 \text{ м} - 12,68 \mu \pm 0,07 \mu.$$

Среднее № 585 (0—3) м при 20° = 3 м - 12,68 μ .

Таким образом общая длина жезла № 585 (0—3) м, полученная из сличения отдельных метров с мерой № 28 согласуется с общей длиной, полученной из сличений с жезлом Н15 в пределах ошибок наблюдений.

5. Изучение миллиметровых подразделений на жезле № 585. Изучение длины отдельных миллиметров и их подразделений в 0,2 мм на концах трехметрового жезла № 585 производилось методом сравнения их с шагом винта окулярных микрометров G-I и G-IV. Шаг винта, а следовательно и цена деления барабанов микрометров, как это указывалось раньше, были определены с большой точностью.

¹ См. выноску на стр. 60.

Каждое подразделение измерялось с помощью двух микроскопов. С этой целью изучаемый миллиметр на трехметровом жезле № 585 (0—3) м, установленном в ванне компаратора, регулировался так, чтобы он получился в поле зрения микроскопа G I или G IV, причем начальный и конечный штрихи изучаемого миллиметра находились бы соответственно около 5 и 15 оборотов винта, отчитываемых по гребенке. Наводка биссектора узкой пары паутинных нитей производилась по 6 раз на каждый штрих. Всего было произведено 16 наблюдений, что составило около 600 наводок. Результаты приведены в табл. VIII.

Таблица VIII

Интервалы	Длина интервалов в микронах		Среднее
	по G I	по G IV	
от -1,0 мм до 0,0 мм	998,08	997,68	997,88
" -0,8 " " 0,0 "	800,96	800,78	800,87
" -0,6 " " 0,0 "	601,18	601,25	601,22
" -0,4 " " 0,0 "	400,55	400,44	400,50
" -0,2 " " 0,0 "	200,50	200,42	200,46
от 0,0 мм до 0,2 мм	198,79	198,60	198,70
" 0,0 " " 0,4 "	398,83	398,52	398,68
" 0,0 " " 0,6 "	598,98	598,96	598,97
" 0,0 " " 0,8 "	799,73	799,42	799,58
" 0,0 " " 1,0 "	999,88	999,60	999,74

Конец B

Интервалы	Длина интервалов в микронах		Среднее
	по G I	по G IV	
от 2999,0 мм до 2999,2 мм	200,27	200,55	200,41
" 2999,0 " " 2999,4 "	400,48	400,59	400,54
" 2999,0 " " 2999,6 "	601,26	601,02	601,14
" 2999,0 " " 2999,8 "	801,63	801,28	801,46
" 2999,0 " " 3000,0 "	1001,86	1002,03	1001,94
от 3000,0 мм до 3000,2 мм	197,92	198,40	198,16
" 3000,0 " " 3000,4 "	398,28	398,55	398,42
" 3000,0 " " 3000,6 "	598,59	598,83	598,71
" 3000,0 " " 3000,8 "	799,23	799,20	799,22
" 3000,0 " " 3001,0 "	999,48	999,73	999,60

ÉTUDE DE L'ÉTALON GÉODÉSIQUE N° 585 EN PLATINITE

Par M. A. Afanassiev

(Résumé)

L'étude de l'étalon géodésique N° 585 consistait en: 1) la détermination de l'élongation thermique, 2) la comparaison des mètres séparés avec le prototype N° 28, 3) la comparaison de la longueur de l'étalon N° 585 avec l'étalon en platinite H 15 et 4) la détermination des divisions millimétriques.

On a fait la détermination de l'élongation thermique de l'étalon N° 585 par la comparaison de sa longueur, aux températures de 0°,5 à 32°, avec l'étalon d'invar D 11 (0—3) m dont la température restait toujours près de 16°,214.

On a fait 20 observations, les résultats ont été traités par la méthode des moindres carrés. On a obtenu les valeurs:

$$\alpha = + 16,202 \mu \pm 0,016 \mu$$

$$\beta = - 0,0142 \mu \pm 0,005 \mu$$

L'erreur moyenne d'une seule observation:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{[c.c.]}{n-k}} = \pm 0,352 \mu$$

Les mètres séparés de l'étalon N° 585 ont été comparés avec le prototype N° 28 dans l'eau, à la température de la salle d'observation. Les résultats de ces comparaisons, réduits à la température de 20°, sont:

$$\text{N° 585 (0—1) m} = 1 \text{ m} - 7,08 \mu \pm 0,07 \mu$$

$$\text{„ (1—2) „} = 1 \text{ m} - 14,53 \mu \pm 0,05 \mu$$

$$\text{„ (2—3 „} = 1 \text{ m} \pm 8,70 \mu \pm 0,12 \mu$$

D'où la longueur totale de l'étalon de 3 mètres, à 20°, est:

$$\text{N° 585 (0—3) m} = 3 \text{ m} - 12,91 \mu$$

Les comparaisons de l'étalon N° 585 avec l'étalon H 15 ont été faites sur le grand comparateur, avant et après la détermination de l'élongation thermique, d'où on a pu recon-

naître que les résultats des deux comparaisons sont en bonne coïncidence.

On a étudié les divisions millimétriques et leurs subdivisions à 0,2 mm aux bouts de l'étalon N° 585 par leur comparaison avec le pas de la vis des micromètres. Les résultats de cette comparaison sont donnés dans le tableau VIII.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХОДОВОГО ВИНТА ЛИНЕЙНОЙ ДЕЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

М. А. Афанасьев

Линейная делительная машина приобретена от швейцарской фирмы „Société Genevoise pour la Construction des Instruments de Physique et de Mécanique“ еще в 1901 г. и установлена в центральной комнате эталонной лаборатории мер длины на общем фундаменте с малым универсальным компаратором. На рис. 1 и 2 дано ее изображение.

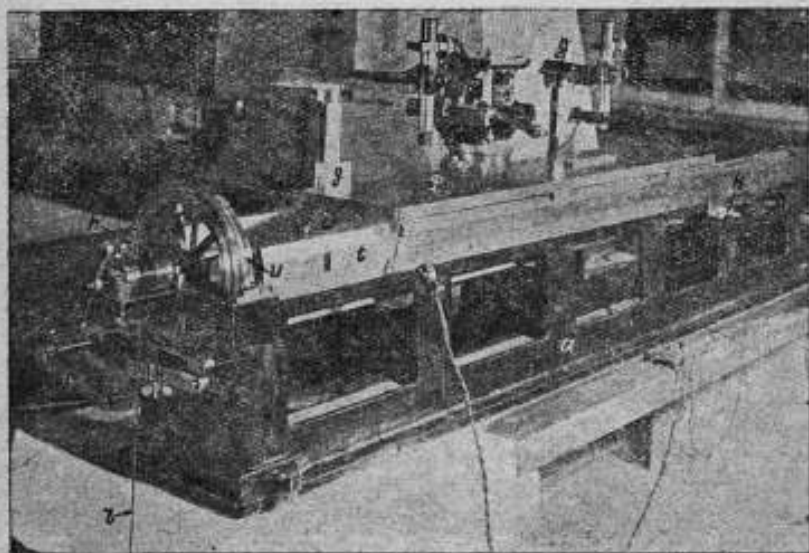


Рис. 1.

Машина представляет станину из литой стали длиной в 1,5 м с точно шлифованными верхними, а с одной стороны и боковыми направляющими плоскостями. По верхним плоскостям скользит стол, на котором устанавливается линейка, на которой должны быть нанесены деления, а по боковым—два суппорта с микроскопами и суппорт с чертящим механизмом. В середине станины помещен ходовой винт дли-

ною в 113 см с шагом винта 1 мм (рис. 1). На конце винта имеется храповое колесо и диск с делениями и пружинной собачкой, которая сцепляет диск с храповым колесом. При вращении диска с помощью ручки по направлению часовой стрелки собачка выходит из зацепления и ходовой винт остается неподвижным. Если же вращать диск в обратном направлении, то собачка захватывает храповое колесо и вращает винт. Винт заставляет перемещаться съемную гайку, а последняя увлекает стол мимо чертящего механизма.

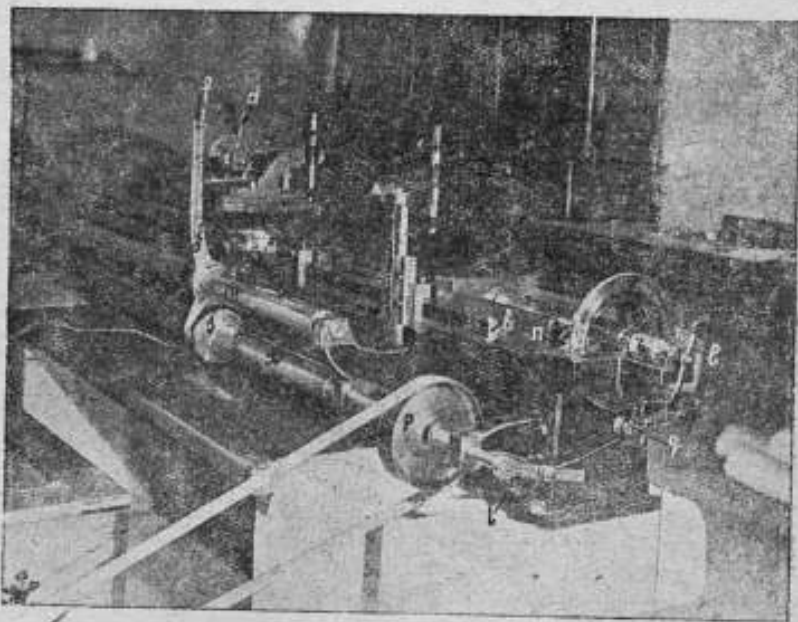


Рис. 2.

Делительная машина снабжена приспособлением для полуавтоматического и автоматического нанесения делений, которое гарантирует поворот ходового винта на строго определенный угол. Приспособление это состоит из двух кулачков — одного подвижного, а другого неподвижного, — закрепленных на диске, нескольких ниток винтовой нарезки на периферии диска и двух зубчаток-упоров, вращающихся на осях, имеющихся на станине. При полуавтоматическом нанесении делений диск вращают попеременно в обе стороны. Кулачки встречают при этом подвижные упоры, которые и ограничивают должным образом вращение винта.

При нанесении делений на расстояниях больших 1 мм, упоры регулируются так, чтобы они начали захватывать за кулачки после 1, 2 и т. д. оборотов винта, причем максимальный предел такой установки составляет 13 мм.

Указанное приспособление применяется и при автоматическом нанесении делений, которое будет описано дальше, но в этом случае максимальный предел получаемых подразделений равен 2,5 мм.

Кроме того, машина имеет приспособления для автоматического исправления ошибок ходового винта и для незначительного изменения шага винта. Автоматическое исправление ошибок нарезки винта достигается при помощи коррекционной линейки, установленной вдоль винта, по профилю которой скользит прикрепленный к съемной гайке выступ и то увеличивает, то уменьшает продвижение гайки в зависимости от характера этого профиля.

Второе приспособление называется компенсатором температур и служит для нанесения делений, верных при наперед заданных температурах. Оно состоит из зубчатого сектора, вращающего вспомогательный винт. Гайка этого винта жестко связана со столом, а головка винта перемещает часть стола, в которую упирается съемная гайка винта. Описанный зубчатый сектор приводится в движение при помощи зубчатой рейки (кремальеры), упирающейся одним своим концом в линейку, расположенную вдоль ходового винта, причем наклон линейки по отношению к ходовому винту может быть изменен в известных пределах. Коль скоро угол между осью ходового винта и рабочей плоскостью линейки отличен от нуля, всякое перемещение стола вызывает соответствующее пропорциональное ему перемещение кремальеры, вспомогательный винт поворачивается и изменяет расстояние между столом и съемной гайкой. Это перемещение алгебраически складывается с перемещением съемной гайки и в результате стол с линейкой передвигается так, как если бы слегка изменился шаг ходового винта.¹

При автоматическом нанесении делений машина приводится в действие электрическим мотором, ремень от которого перекидывается через шкив, имеющийся на нижнем добавочном валу машины. На конце вала укреплен длинный палец (рычаг) с регулировочными отверстиями для закрепления одного конца струны. Струна проходит через регулировочный ролик и обвивает барабан, находящийся между

¹ Компенсатор температур изучен в эталонной лаборатории мер длины, причем найдено, что при установке дуги сегмента на — 9,2 деления делительная машина дает верные показания при нормальной температуре в 20° принятой в СССР.

ручкой и диском, а на свободный конец струны навешивается груз (противовес). При вращении вала палец то тянет струну и заставляет таким образом вращаться ходовой винт, то опускает ее, давая действовать противовесу. Противовес тянет струну вниз и тем самым заставляет вращаться диск в направлении обратном вращению ходового винта. Это приспособление должно быть отрегулировано так, чтобы моменты действия кулачков на упоры совпадали с моментами натяжения и ослабления струны.

Чертящий механизм приводится в действие при помощи ломаного рычага первого рода, закрепленного на добавочном верхнем валу машины. Короткое нижнее плечо рычага, снабженное роликом, скользит по обводу эксцентрика, чем и вызывает качательное движение всего рычага. Длинное верхнее плечо рычага, связанное при помощи тяги стержня с рычагом чертящего механизма, заставляет последний работать и наносить деления. Эта часть должна быть отрегулирована так, чтобы штрихи наносились при неподвижном положении стола машины, т. е. во время холостого движения диска.

Делительной машиной можно пользоваться и как компаратором, для эталонирования и калибровки подразделений, а также для сравнения двух мер между собою. Для этой цели при ней имеются два микроскопа, по которым и производятся соответствующие отчеты. При сравнении мер между собою выгоднее устанавливать их так, чтобы одна была продолжением другой.

Кроме того, машину можно применять и для непосредственной поверки мер длины, пользуясь хорошо известным шагом винта. В этом случае начальный и конечный штрихи меры ставятся последовательно в поле зрения одного из микроскопов и отмечаются соответствующие положения винта, отчитывая целые обороты по особой шкале, а доли оборота по деленному кругу и верньеру.

Последний метод наблюдения применялся и для обратной задачи, т. е. для исследования хода винта и для определения цены деления установочной дуги компенсатора температур.

Продвижение стола на 1 000 оборотов винта было изучено путем сравнения с мерами М 318, R 116 и R 86¹, причем получены следующие значения для продвижения стола от 50 до 1 050 оборотов при температуре 20° С и при компенсаторе температур, установленном на -9,2 деления.

¹ Мера М 318 изготовлена из инвара (36% Ni), мера R 116 — из платинита (42% Ni) и мера R 86 — из никелевой стали (58% Ni).

Таблица I—Tableau I

Обороты винта Tours	Действи- тельное про- движение стола Valeur du dé- placement de la plateforme	Обороты винта Tours	Действи- тельное про- движение стола Valeur du dé- placement de la plateforme	Обороты винта Tours	Действи- тельное про- движение стола Valeur du dé- placement de la plateforme	Обороты винта Tours	Действи- тельное про- движение стола Valeur du dé- placement de la plateforme	Обороты винта Tours	Действи- тельное про- движение стола Valeur du dé- placement de la plateforme
50—60	10,000 mm	250—260	9,999 mm	450—460	10,002 mm	650—660	9,999 mm	850—860	9,999 mm
—70	20,001	—270	19,998	—470	20,002	—670	20,001	—870	19,998
—80	30,001	—280	29,997	—480	30,002	—680	30,001	—880	29,998
—90	40,001	—290	39,998	—490	40,001	—690	40,001	—890	39,996
—100	50,001	—300	49,997	—500	50,001	—700	50,001	—900	49,998
—110	60,003	—310	59,998	—510	59,998	—710	60,001	—910	60,000
—120	70,002	—320	69,999	—520	69,996	—720	70,000	—920	70,000
—130	80,001	—330	80,002	—530	79,997	—730	80,000	—930	80,000
—140	90,002	—340	90,000	—540	89,997	—740	90,002	—940	90,000
—150	100,002	—350	100,006	—550	99,997	—750	100,002	—950	100,000
150—160	10,001	350—360	9,999	550—560	9,997	750—760	9,999	950—960	10,001
—170	20,000	—370	19,997	—570	19,997	—770	19,999	—970	19,999
—180	29,997	—380	29,997	—580	29,997	—780	30,001	—980	29,999
—190	39,997	—390	39,997	—590	39,997	—790	40,001	—990	40,000
—200	50,000	—400	49,997	—600	49,998	—800	50,002	—1000	50,004
—210	60,000	—410	59,999	—610	59,998	—810	60,000	—1010	60,007
—220	69,999	—420	70,000	—620	69,999	—820	69,996	—1020	70,008
—230	80,000	—430	80,001	—630	79,999	—830	79,995	—1030	80,006
—240	90,001	—440	90,002	—640	90,001	—840	89,995	—1040	90,007
—250	100,001	—450	100,000	—650	99,999	—850	99,994	—1050	100,004

По мере М 318 =	999,99 ₈	мм
" R 116 =	1 000,00 ₃	"
" R 86 =	1 000,00 ₆	"
Среднее	1000,00 ₉	мм.

Промежуточные обороты ходового винта машины были поверены по частям путем сравнения с дециметровой мерой № 76 (из никелевой стали), изученной в Международном бюро мер и весов. В табл. I приведены средние результаты этих измерений при 20° С.

Эти результаты верны в пределах $\pm 2\mu$, в виду того, что перед каждым новым рядом измерений необходимо было произвести новую установку съемной гайки.

Табл. I свидетельствует о хорошем состоянии делительной машины, уже 30 лет работающей в лаборатории, вполне удовлетворяющем требованиям нанесения делений на точных линейных мерах.

ÉTUDE DE LA VIS DE LA MACHINE A DIVISER LINÉAIRE

Par M. A. Afanassiev

(Résumé)

La machine à diviser fut fournie par la Société Genevoise en 1901 et établie dans la salle centrale du Laboratoire des Étalons de Longueur de Métrologie et de Standardisation de l'U.R.S.S.

La machine est munie d'une vis de 113 cm de longueur et d'une règle à corriger les erreurs de la vis. En outre la machine a un compensateur de température pour les petits changements du pas de la vis.

La machine sert au Laboratoire aussi pour la vérification des règles.

Les comparaisons avec les règles M 318, R 116 et R 86 ont donné pour le déplacement de la plateforme de la machine de 50 à 1050 tours les valeurs:

D'après la règle M 318	999,99 ₂ mm
• " • R 116	1000,00 ₂ •
• • • R 86	1000,00 ₂ •
<hr/>	
Moyenne	1000,00 ₀ mm

Les valeurs des déplacements de la plateforme, correspondantes aux divers tours de la vis, sont déterminées par la comparaison avec le décimètre N° 76, étudié dans le Bureau international des Poids et Mesures. Les résultats sont donnés dans le tableau I.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Н. И. Адамович. Четырехметровый геодезический компаратор	3
М. А. Афанасьев. Исследование окулярных микрометров для микроскопов четырехметрового компаратора	37
Н. И. Адамович. Исследование платиноиридиевой меры П4	47
М. А. Афанасьев. Трехметровый геодезический жезл № 585 из платинита	58
М. А. Афанасьев. Исследование ходового винта линейной де- лительной машины	71

TABLE DES MATIÈRES

des résumés des articles publiés dans 5 (21) livraison des Travaux de
l'Institut de Métrologie et de Standardisation.

Pages

Comparateur géodésique pour les règles de quatre mètres; par N. I. Adamovitch	31
Etude des micromètres du comparateur pour les règles de quatre mètres; par M. A. Afanassiev	46
Etude de la règle П4 en platine iridié; par N. I. Adamovitch	57
Etude de l'étalon géodésique № 585 en platinite; par M. A. Afa- nassiev	69
Etude de la vis de la machine à diviser lineaire; par M. A. Afa- nassiev	77

Книжка
Техническая
Содержание
Книжка

И.р. № 39
Отв. редакт. С. Э. Смирский
Техн. редакт. Н. Н. Некрасов
Сдано в набор 18-II-1934. Под-
писано к печати 31-VIII-1934.
Формат бумаги 62 × 88 : 16.
Бумажных листов 2 1/2. В бум.
листе 84 480 тип. зн. Автор-
ских листов 5,5. Тираж 1000.
Депозит № 10024. Зак. № 463.
Типография им. Коминтерна
Лгр., Краснояр. Г.

