

С 79

24.



8

Т. ТЕРЛЯХЪ

ВАРШАВА

Чистая № 4.

С.-ПЕТЕРБУРТЪ

Караванная № 11.

1045

875

215
102.5



Описание

Трансиметровъ

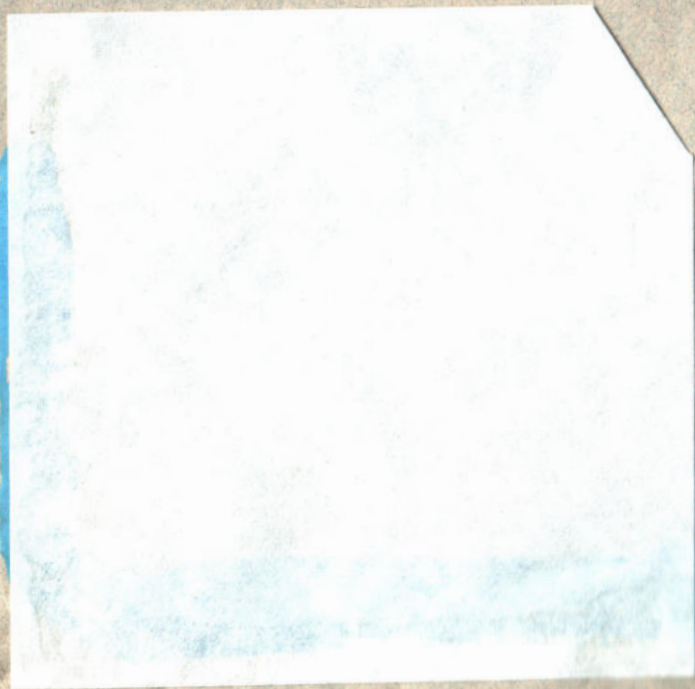
Коради.



1903.

по

100



П

G. CORADI.

У 528
С-879

Планиметры Коради

СИСТЕМЪ

Гоманна-Коради и Ланга-Коради.

и. м. 9196
% 149150
Гидрометеорологичний
Інститут в Києві

проверено
1966 г.

Общая теория,

описание, употребление и поправки планиметровъ.

цена 0,50

Перевелъ Н. Скрицкій.

НУВГП
НАУКОВА
БІБЛІОТЕКА

Ивановичъ Корвинъ

Томаша-Корвинъ и Иванъ-Корвинъ

Дозволено Цензурою. Варшава, 22 Апрелья 1902 г.

БИБЛИОТЕКА
ИВАНОВА
МАЯ 1902

Отъ переводчика.

Возрастающая цѣнность земли побуждаетъ владѣльца, а за нимъ землемѣра, обращать все большее и большее вниманіе на точность вычисленія площадей. Самымъ естественнымъ рѣшеніемъ этого важнаго вопроса практическаго землемѣрія былъ бы такой выборъ способа съемки, при которомъ данныя для опредѣленія площади получались бы непосредственнымъ измѣреніемъ на мѣстности. Но, не говоря уже о сложности работъ подобнаго рода, достиженіе указанной цѣли не всегда возможно. Въ гористыхъ мѣстностяхъ, гдѣ сама природа заставляетъ землемѣра употреблять мензулу, площадь можетъ быть опредѣлена только по плану, и, слѣдовательно, однимъ изъ планиметровъ.*) Работа по вычисленію площади плана планиметромъ, несомнѣнно, одна изъ скучныхъ и однообразныхъ геодезическихъ работъ. Эти качества работы становятся особенно ощутительными, когда вычислитель располагаетъ неудовлетворительнымъ инструментомъ или когда онъ мало освѣдомленъ о тѣхъ приѣмахъ, которые установились отчасти теоретически, отчасти практически, и имѣють цѣлью повысить по возможности точность этого механическаго дѣйствія.

Желая притти на помощь начинающимъ вычислителямъ, мы предлагаемъ настоящій переводъ брошюры Корради, столь извѣстнаго своими лучшими и усовершенствованными планиметрами.

Остается сказать, что переводъ текста сдѣланъ по французскому изданію, а переводъ подстрочныхъ примѣчаній автора и дополненій—по нѣмецкому.

Н. Скрицкий.

Изъ предисловія автора къ изданію на нѣмецкомъ языкѣ.

Послѣ того, какъ мои брошюры о шаровомъ планиметрѣ, изданная въ 1889 году, и о простомъ полярномъ планиметрѣ, изданная въ 1891 г., были распроданы и оба вида планиметровъ

*) Наконецъ, не малое число существующихъ техническихъ инструкцій, какова, напр., инструкція о съемкѣ и составленіи плановъ при размежеваніи земель въ Закавказскомъ краѣ, требуетъ примѣненія приѣмовъ, исключаящихъ возможность достиженія вышеуказанной цѣли.

втеченіе этого времени подверглись значительнымъ улучшеніямъ, я былъ вынужденъ издать настоящую брошюру, которая не только знакомитъ со всѣми видами изготовляемыхъ мною планиметровъ, но можетъ быть разсматриваема какъ руководство къ употребленію планиметровъ.

Теорія разсматривается вполнѣ элементарно и съ подробностью необходимой для пониманія механическаго дѣйствія счетнаго валика и для установленія надлежащихъ правилъ.



I. Введение.

Точность вычисления площадей, прежде всего, зависит от точности, съ которою были произведены линейныя измѣренія на мѣстности. Площади большихъ участковъ вычисляются по непосредственно измѣреннымъ на мѣстности величинамъ, но многіе инженеры—геометры свидѣтельствуютъ, что при помощи **моихъ планиметровъ** площади могутъ быть получены съ такою же точностью при условіи:

во 1-хъ) чтобы масштабъ плана вычисляемой фигуры былъ точно извѣстенъ и

во 2-хъ) чтобы вычислитель въ совершенствѣ владѣлъ своимъ планиметромъ. Эту послѣднюю цѣль я поставилъ себѣ въ настоящей брошюрѣ.

Планиметромъ называютъ всякій инструментъ, предназначенный для измѣренія на планѣ **механическимъ путемъ** какъ разстояній, такъ и площадей. Планиметры, описанные ниже, предназначены для опредѣленія площадей. Инструменты, удовлетворяющіе этому условію, называются **обводными планиметрами**, такъ какъ они даютъ возможность, просто обводя шпилемъ замкнутый полигонъ, прочесть число, прямо-пропорціональное поверхности обведенной фигуры.

Обводные планиметры, въ общемъ, состоятъ изъ двухъ существенныхъ частей:

- а) горизонтальнаго *) рычага, одинъ конецъ котораго имѣетъ вертикальное остріе, **обводный шпиль**, тогда какъ другой конецъ рычага образуетъ вертикальную ось, которая, благодаря особенному устройству, при движеніи описываетъ только одну опредѣленную линію, называемую **направляющей линіей** или, короче, **направляющей (директрисой)**. Эта линія можетъ имѣть форму какой нибудь кривой, но на практикѣ употребляютъ, какъ направляющую, только кругъ—планиметръ полярный, или прямую—планиметръ линейный**), и

*) Предполагается, что планиметръ будетъ употребляться на горизонтальной и совершенно ровной поверхности.

**) Въ планиметрахъ проф. Kleritj, изъ которыхъ первый экземпляръ былъ приготовленъ въ августѣ 1893 г., а также въ планиметрѣ капитана

b) валика легко вращающагося на своей оси и соединеннаго съ рычагомъ такимъ образомъ, что эта ось горизонтальна и параллельна той вертикальной плоскости, которая предполагается проведенной черезъ ось вращения рычага и конечную точку обводнаго шпиля. Барабанъ валика, иначе, **счетнаго валика** имѣетъ дѣленія, которыя даютъ мѣру совокупности перемѣщеній рычага втеченіе обвода. Эта мѣра, будучи умножена на длину рычага, **даетъ площадь обведенной фигуры.**

II. Общая теорія планиметровъ*).

Поверхность образуется движеніемъ линіи, если только это движеніе не совершается въ направленіи самой линіи. Положимъ, что опредѣленная линія перемѣщается параллельно своему первоначальному направленію; тогда величина поверхности, образованной движеніемъ линіи, будетъ выражаться произведеніемъ длины этой линіи l на разстояніе u между двумя положеніями линіи (въ началѣ и концѣ движенія). Когда эта линія кривая, нужно взять разстояніе u между двумя параллельными касательными (fig. 1).

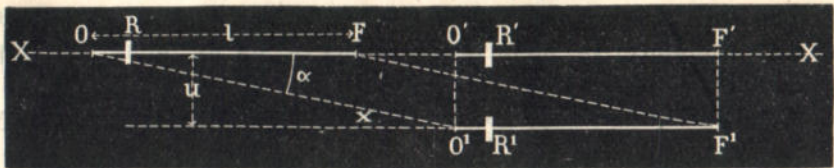


Fig. 1.

Положимъ, что эта опредѣленная линія прямая и представляется рычагомъ OF . Къ одному изъ его концовъ придѣлано

Prutz, основанныхъ на одномъ и томъ же принципѣ, директриса — кривая линія, форма которой зависитъ отъ вида обводимой фигуры. Въмѣсто вертикальной оси вращения, штанга имѣетъ валикъ со скошеннымъ или съ кирообразнымъ краемъ, продолженная плоскость котораго проходитъ черезъ обводный шпиль. Этотъ скошенный валикъ представляетъ часть инструмента, измѣряющую боковое передвиженіе рычага. Во время обвода фигуры, который начинается и оканчивается въ центрѣ ея тяжести, скошь описываетъ на бумагѣ кривую. Разстояніе между началомъ и концомъ этой кривой, умноженное на длину обводнаго рычага, даетъ поверхность обведенной фигуры. Такъ какъ эти планиметры не обладаютъ достаточной для геодезическихъ цѣлей точностью и при томъ требуютъ больше времени, чѣмъ планиметры съ раздѣленнымъ валикомъ, то мы не будемъ останавливаться на нихъ болѣе.

*) Эта теорія основана на Stambach's: die Planimeter Coradi, ihre Theorie, Construction und Genauigkeit. Stuttgart 1889.

См. также W. Caville: Handbuch der Vermessungskunde.

остріе F , какъ обводный шпиль, а къ другому — вертикальная ось O . Кромѣ того, съ рычагомъ соединенъ, покоящийся на планѣ, валикъ R , ось котораго горизонтальна и параллельна рычагу; валикъ этотъ вращается на своей оси безъ всякаго тренія.

Когда рычагъ перемѣщается въ направленіи своей оси отъ OF до $O'F'$, онъ не описываетъ поверхности и валикъ R , ось котораго остается параллельной своему первоначальному направленію, не будетъ вращаться, а будетъ только скользить.

Назовемъ это положеніе рычага **основнымъ положеніемъ** или **нормальнымъ**, при чемъ линію, описанную во время движенія остріемъ рычага, назовемъ основной линіей или **базисомъ**. Будемъ ее впредь обозначать буквами XX .

Пусть рычагъ продолжаетъ движеніе и переходитъ въ O_1F_1 ; онъ описалъ поверхность прямоугольника въ то время, когда валикъ, совершая движеніе перпендикулярное къ своей собственной оси, повернулся на дугу u , длина которой равна разстоянію между двумя положеніями рычага. Получается, что площадь $S^{*)}$ четырехугольника $O'F'O_1F_1$ или $OF'O_1F_1$ равна $l \cdot u$, или словами:

Величина поверхности описанной рычагомъ есть нечто иное, какъ произведеніе длины рычага на величину его прямого перемѣщенія или, обозначая снова чрезъ XX нормальное положеніе рычага, эта поверхность равна произведенію длины рычага на кратчайшее разстояніе его отъ нормальнаго положенія. Если переведемъ рычагъ прямо изъ положенія OF на линію O_1F_1 , движеніе валика составитъ изъ безконечнаго числа безконечно-малыхъ скользящихъ движеній, параллельныхъ XX , и такого-же числа безконечно-малыхъ вращательныхъ движеній, перпендикулярныхъ къ оси валика.

Если мы переведемъ рычагъ изъ O_1F_1 въ OF прямо или проходя чрезъ положеніе $O'F'$, получится вращательное движеніе такой-же величины, но въ противоположную сторону: описанная площадь обратится точно въ нуль, такъ какъ одна и та-же площадь будетъ описана въ положительную и отрицательную сторону. Такъ какъ всѣ параллелограммы, имѣющіе общее основаніе и общую высоту, равновелики, то безразлично, какимъ путемъ будетъ возвращенъ рычагъ въ нормальное положеніе XX ; окончательный результатъ движенія всегда равенъ нулю.

*) Буква S впоследствии замѣнена буквой J .

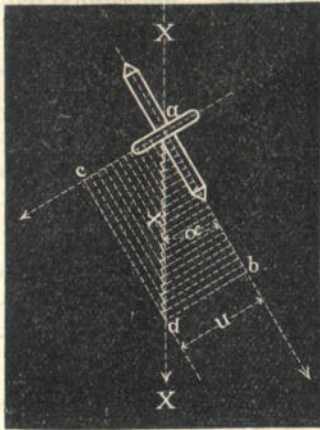


Fig. 2.

Когда точка касания валика перемѣщается изъ d въ a (fig. 2) (т. е. въ направленіи наклонномъ къ оси), движеніе это составитъ изъ безконечно малыхъ движеній, однихъ перпендикулярныхъ, а другихъ параллельныхъ оси валика. Первыя окажутъ дѣйствіе на валикъ и составятъ въ концѣ, по прибытіи въ точку a , длину $ac = bd = u$.

Вторыя выразятся только скольженіемъ валика, общій результатъ котораго, по прибытіи въ точку a , равенъ линіи ab . Дуга, на которую

повернется валикъ, равна пути, пройденному точкой касанія, умноженному на синусъ угла, образованнаго осью валика съ линіей проходимою точкой касанія. Обозначивъ этотъ уголъ bad черезъ α , имѣемъ:

$$u = x \sin \alpha, \quad (1)$$

при чемъ поверхность

$$S = lu = l \cdot x \cdot \sin \alpha \quad (2)$$

Когда рычагъ OF вращается около своей вертикальной оси O такимъ образомъ, что остріе чертитъ дугу круга FF' , то онъ опишетъ секторъ съ угломъ α при центрѣ (fig. 3).

Пусть r разстояніе между валикомъ и центромъ вращенія O , тогда дуга u , на которую повернется валикъ, будетъ

$$r \alpha, \text{ откуда } \alpha = \frac{u}{r} \quad (3)$$

и поверхность сектора S , пройденная рычагомъ,

$$\frac{l^2 \alpha}{2} = \frac{l^2 u}{2r} \quad (4)$$

Для полного обвода коэффициентъ пропорціональности $= \frac{u}{r} = 2\pi$, что даетъ $u = 2\pi r$ и $S = \pi l^2$

Если рычагъ возвратитъ въ его начальное положеніе, не совершивъ полного оборота вокругъ его вертикальной оси, то секторъ опишется въ противоположную и, слѣдовательно, отри-

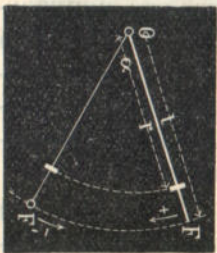


Fig. 3.

цательную сторону, при чемъ дуга u , такъ-же какъ и поверхность S , обратятся въ нуль.

Послѣ всего этого, присматриваясь къ фиг. 4, легко понять, что при прохожденіи шпилемъ пути отъ d до a валикъ обернется на длину u .

Эта величина, будучи умножена на длину l рычага, дастъ площадь обведенной фигуры $abcd$. Путь, пройденный шпилемъ отъ a до b , уничтожится движеніемъ въ обратную сторону отъ c до d . Фигура 4-я указываетъ еще, что валикъ можетъ быть придѣланъ въ любомъ мѣстѣ рычага; онъ можетъ быть закрѣпленъ даже внѣ рычага, только-бы ось его оставалась параллельной оси рычага и плану, на которомъ покоится валикъ.

Если мы проведемъ обводный шпиль изъ b въ c , т. е. по базису, то валикъ будетъ только скользить; его вращательное движеніе равно нулю. И такъ, единственно въ продолженіе обвода изъ d въ a получается опредѣленное вращеніе валика, величина котораго выражается высотой прямоугольника, имѣющаго основаніемъ длину l рычага OF .

Это позволяетъ намъ опредѣлить алгебраическія значенія обводимой поверхности:

- | | | |
|--|---|------|
| <p>1) Вправо отъ базиса XX или внѣ основнаго круга обводъ въ положительную сторону,
отъ O къ F вращеніе валика положительно,
отъ F къ O вращеніе валика отрицательно.</p> <p>2) Влѣво отъ базиса XX или внутри основнаго круга, обводъ въ отрицательную сторону,
отъ O къ F вращеніе валика положительно,
отъ F къ O вращеніе валика отрицательно.</p> | } | (7). |
|--|---|------|

Если, вмѣсто того чтобы слѣдовать по базису, остріе F слѣдуетъ по линіи ef , при чемъ направленіе обвода положительно, вращеніе валика отъ e до f будетъ отрицательно и отръзокъ площади $ebcf$ вычтется изъ фигуры $abcd$, такъ какъ $(+l) \times (-u) = -ul$. Но, какъ только остріе F перейдетъ базисъ, направленіе обвода сдѣлается отрицательнымъ, вмѣстѣ съ тѣмъ и вращеніе сдѣлается также отрицательнымъ. Такимъ образомъ, ва-

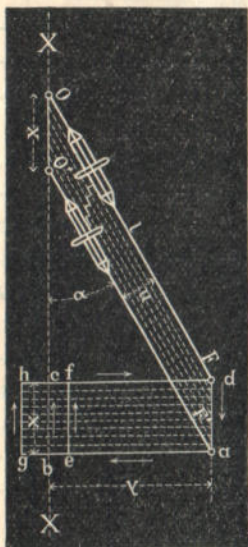


Fig. 4.

ликъ прибавить къ фигурѣ $abcd$ поверхность $bghc$ и его окончательное вращеніе будетъ пропорціонально всей обведенной фигурѣ, такъ какъ $(-l) \times (-u) = +lu$.

Положимъ, что поверхность $aghd$ представляетъ прямоугольникъ съ бесконечно-малой высотой; понятно, что всякая фигура можетъ быть разсматриваема какъ состоящая изъ прямоугольниковъ подобнаго рода.

Если директриса (все равно, что базисъ) есть кругъ (планиметръ полярный), то элементы, составляющіе обводимую фигуру, суть трапеціи съ бесконечно малой высотой, ограниченные радіусами и дугами круга.

Въ то время, когда шпиль слѣдуетъ по двумъ радіусамъ, рычагъ OF описываетъ одну и ту-же поверхность сначала положительно, а потомъ отрицательно. Съ другой стороны, въ то время, когда шпиль слѣдуетъ по базису, рычагъ OF описываетъ послѣдовательно и въ отрицательномъ направленіи элементы поверхности, расположенные между базисомъ и директрисой, а, слѣдуя по дугѣ круга, расположенной внѣ базиса, эти самыя элементы вновь опишутся рычагомъ въ положительномъ направленіи, отчего оба эти результата взаимно уничтожатся. Такимъ образомъ, при слѣдованіи по дугѣ круга, расположенной внѣ базиса, останется описанной положительно только фигура, ограниченная этой дугой, двумя радіусами и базисомъ.

Если, наоборотъ, шпиль слѣдуетъ по элементу дуги, расположенному внутри базиса, рычагъ OF опишетъ отрицательно элементъ поверхности, заключающійся между основнымъ кругомъ и директрисой, но только не включая части элемента, не входящей въ обводимую фигуру.

И такъ, выводъ, съ точки зрѣнія окончательнаго результата, одинъ и тотъ-же; онъ только немного сложнѣе, чѣмъ въ томъ случаѣ, когда директрисой служитъ прямая линія.

Окончательно, **поверхность S , обведенная шпилемъ,**

а) $S = lu$ или $S =$ прямоугольнику, имѣющему основаніемъ (l) длину рычага OF и высотой выпрямленную мѣру перпендикулярнаго передвиженія рычага (см. fig. 4), или лучше:

б) $S = yx = l \cdot \sin \alpha \cdot x =$ кратчайшему разстоянію между шпилемъ и нормальнымъ положеніемъ рычага, умноженному на величину x передвиженія впередъ по директрисѣ.

Мы видѣли, что передвиженіе рычага измѣряется вращеніемъ u валика.

Если валикъ покоится на планѣ, величина u равна $x \sin \alpha$. Но когда валикъ, вмѣсто непосредственнаго движенія по плану, движется по диску или сферѣ, вращеніе которыхъ пропорціонально перемѣщенію точки O вдоль директриссы, путь, проходимый валикомъ по диску или сферѣ, увеличивается и, слѣдовательно, валикъ можетъ отмѣчать наименьшія части поверхности. Уравненіе (2) остается справедливымъ, но принимаетъ болѣе общій видъ:

$$S = l \cdot u \cdot C = l \cdot \sin \alpha \cdot x \cdot C,$$

гдѣ C постоянное число, зависящее отъ размѣровъ инструмента.

При движеніи шпильа вдоль нормальнаго положенія, вдоль базиса XX , ось валика будетъ все время оставаться параллельной направленію движенія точки касанія валика и валикъ, вмѣсто вращенія, будетъ только скользить. Мы назовемъ это направленіе **линейей скольженія**. Когда директриса прямая линія, какъ это имѣетъ мѣсто въ прямоугольныхъ или катающихся планиметрахъ, базисъ и директриса совмѣщаются въ одной и той же линіи или, лучше, они образуютъ двѣ параллельныя линіи (см. fig. 5). Если же валикъ приводится въ движеніе сферой, линія скольженія обращается въ **точку**—полюсъ этой сферы или, еще лучше, она образуетъ маленькій кругъ, радіусъ

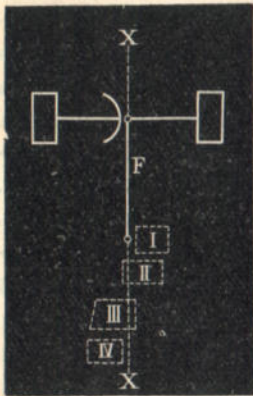


Fig. 5.

котораго равенъ вертикальному разстоянію между осью сферы и осью валика.

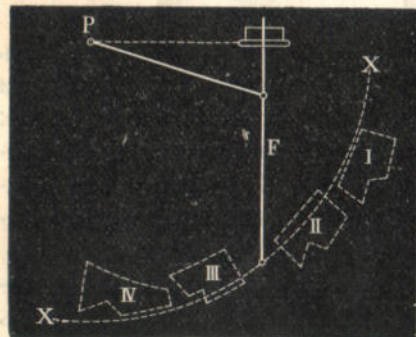


Fig. 6.

Въ **полярныхъ планиметрахъ** директриса кругъ (см. fig. 6). Нормальное положеніе рычага есть то, при которомъ продолженная плоскость валика проходитъ черезъ полюсъ P , т. е. черезъ центръ вращенія всего инструмента. При вращеніи въ этомъ нормальномъ положеніи рычага вокругъ полюса, шпильа описываетъ **базисъ** XX , точка

касания валика слѣдуетъ по **линіи скольженія** и ось вращения рычага по **директрисѣ**. Это движеніе произведетъ три параллельныхъ круга, имѣющихъ общій центръ въ полюсѣ *P*.

Когда, вмѣсто вращения на самомъ планѣ, валикъ функционируетъ на вращающемся дискѣ

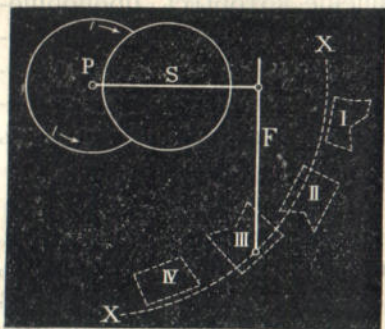


Fig. 7.

(см. **планиметръ съ дискомъ**, fig. 7), помѣщеннымъ подъ полярнымъ рычагомъ, **нормальнымъ положеніемъ** будетъ то, при которомъ полярный рычагъ образуетъ съ обводнымъ прямой уголъ. Въ этомъ случаѣ, базисъ — кругъ, описываемый остриемъ около полюса, и линия скольженія — также кругъ, описываемый на дискѣ, радиусъ кото-

раго равенъ разстоянію между точкой касанія валика и центромъ диска, черезъ который проходитъ продолженная плоскость валика.

И такъ, при употребленіи всѣхъ планиметровъ, происходитъ скольженіе валика во время движенія шпилья по **базису**. Это скольженіе достигаетъ наибольшей величины въ полярныхъ планиметрахъ, валикъ которыхъ непосредственно касается плана. Наименьшее достигается въ планиметрахъ со сферой, гдѣ оно все-таки существуетъ.

III. Вліяніе тренія въ оси на движеніе валика.

Скольженіе валика всегда разсматривалось какъ основная причина погрѣшностей при употребленіи планиметровъ. Вообще, погрѣшность приписываютъ легкимъ вращениямъ валика во время его скольженія

Опытъ долгихъ лѣтъ мнѣ показалъ, что скольженіе безъ всякаго вращения имѣетъ мѣсто только при описываніи параллели очень близкой къ базису. Попробуемъ вкратцѣ объяснить это:

Никакое тѣло не приходитъ въ движеніе само собой; чтобы произвести движеніе нужно вліяніе внѣшней силы. Эта сила должна быть необходимо больше сопротивленія, оказываемаго въсомъ тѣла, треніемъ и силой инерціи.

Такъ какъ валикъ достаточно хорошо устанавливается, чтобы онъ вращался около своей оси безъ всякаго тренія, то онъ будетъ уже вращаться подъ дѣйствіемъ силы, достаточной для

преодоленія силы инерціи. Эта сила инерціи, благодаря малому объему валика, очень мала, тѣмъ не менѣе, въ концѣ дѣйствія, когда валикъ слѣдуетъ по линіи скольженія, а шпиль по основной линіи, она задерживаетъ движеніе валика, тогда какъ, при переходѣ отъ быстраго движенія къ движенію болѣе медленному, она производитъ, благодаря приобрѣтенной скорости, увеличеніе во вращеніи валика.

Внѣ этой причины, основное сопротивленіе происходитъ отъ тренія оси въ подшипникахъ.

Разсматривая это треніе въ оси съ простой точки зрѣнія механики, мы находимъ, что:

а) Треніе сильнѣе въ началѣ, чѣмъ во время движенія оси, и оно уменьшается съ увеличеніемъ скорости движенія.

Вліяніе сопротивленія отъ тренія въ оси болѣе замѣтно, когда обводный шпиль ведутъ по линіи близкой и параллельной основной линіи, откуда всегда начинается движеніе; влияніе меньше въ частяхъ удаленныхъ отъ основной линіи.

б) Треніе увеличивается съ увеличеніемъ давленія оси на ея подшипники.

Давленіе на ось, слѣдствіе вѣса инструмента, почти то же самое во всѣхъ положеніяхъ обводнаго рычага. При скольженіи валика непосредственно по бумагѣ, наоборотъ, давленіе распредѣляется очень неравномѣрно на оба подшипника. Легко понять, что чѣмъ направленіе движенія ближе къ параллельному оси валика, тѣмъ давленіе больше. И такъ, влияніе тренія наибольшее, когда линія движенія касается базиса.

в) Степень тренія пропорціональна радіусу подшипниковъ и увеличивается съ ихъ шероховатостью.

Силы, задерживающія вращательное движеніе валика (сопротивленія) тѣмъ болѣе ощутительны, чѣмъ уголъ α между направленіемъ движенія и осью валика острѣе. При движеніи по самой директрисѣ, гдѣ вращательное движеніе валика должно быть нулемъ, эти задерживающія силы перестаютъ существовать. Плечо силы, которая должна преодолевать эти сопротивленія или „противоположныя силы“, не имѣетъ постоянной величины; чѣмъ уголъ α будетъ острѣе, тѣмъ плечо будетъ короче.

Дѣйствительно, сила, которая заставляетъ вращаться валикъ, сила сцепленія валика и бумаги, передается на ось валика

через плечо равное радиусу r валика (10 миллиметровъ), если при этомъ, направлѣніе движенія перпендикулярно къ оси (см. fig. 8). Если движеніе происходитъ въ направлѣніи оси, плечо силы обращается въ нуль. Вообще:

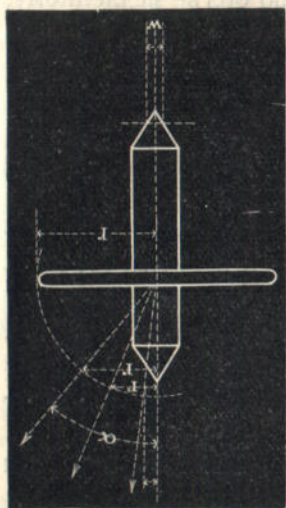


Fig. 8.

Если α есть уголъ между направлѣніемъ силы и осью валика, и r радиусъ валика, то плечо силы равно

$$r \cdot \sin \alpha,$$

откуда слѣдуетъ, что плечо силы уменьшается по мѣрѣ увеличенія силъ сопротивленія.

Положивъ (fig. 8), что плечо силы сопротивленія = радиусу подшипника = 0,1 миллим. (что достаточно соответствуетъ дѣйствительности) и что синусъ угла равенъ 0,01, выйдетъ, что плечо силы и плечо сопротивленія взаимно уравниваются и что, въ продолженіе этого движенія, валикъ вмѣсто того чтобы вращаться согласно формулѣ $u = x \sin \alpha$, не тронется съ мѣста.

При этомъ угловомъ положеніи оси валика относительно линіи скольженія и при длинѣ рычага въ 160 миллиметровъ, обводный шпиль находится на 1,6 миллим. вправо или влево отъ базиса. Примѣняя это къ fig. 4, въ предположеніи, что отрѣзки площади $bcfe$ и $bghe$ имѣютъ каждый 1,6 миллим. ширины и что они обводятся рычагомъ въ 160 миллим., очевидно, что валикъ не произведетъ ни вычитанія $bcfe$, ни прибавленія $bghe$. Общая площадь будетъ увеличена въ первомъ случаѣ и уменьшена во второмъ.

IV. Общія правила, приложимыя ко всѣмъ планиметрамъ.

Равновѣсіе, установленное въ предыдущей главѣ, между силой и „сопротивленіями“, которыя дѣйствуютъ на валикъ, можетъ подвергнуться легкому измѣненію въ пользу силы, когда выберутъ чрезвычайно хорошіе подшипники и снабдятъ окружность валика планиметровъ съ дискомъ и компенсационнаго „желобкомъ“ (cannelure) или многочисленными очень мелкими выемками, вырѣзанными на равныхъ разстояніяхъ, параллельно

оси валика. При новыхъ инструментахъ, въ которыхъ приняты эти предосторожности, вредная близость базиса будетъ мало вліять на результаты; но, чтобы сохранить инструментъ въ этомъ благоприятномъ состояніи возможно долгое время, необходимо соблюдать слѣдующія 4 правила, приложимыя ко всѣмъ планиметрамъ со счетнымъ валикомъ:

1). Во всѣхъ планиметрахъ ось счетнаго валика должна быть вставлена въ подшипники абсолютно безукоризненно. Постановка тонкихъ концовъ оси въ подшипникахъ должна быть математически правильна, что бы валикъ могъ вращаться съ наибольшей легкостью, но безъ шаткости въ концахъ оси.

2). Во всякомъ планиметрѣ нужно сберечь ось съ величайшей заботой, предохраняя ее отъ ударовъ и внѣшнихъ давленій, потому что, какъ только концы оси будутъ повреждены, валикъ не будетъ вращаться согласно формулѣ $u = x \sin \alpha$, и чтобы возстановить точность планиметра, не останется другого средства, какъ переделывать его вновь.

3). При употребленіи всякій планиметръ долженъ быть помѣщенъ такимъ образомъ, чтобы границы вычисляемой фигуры не были ни слишкомъ близки, ни параллельны базису.

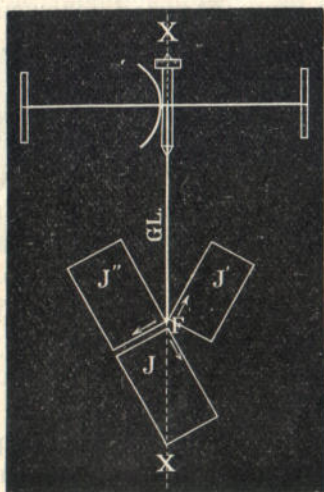


Fig. 9.

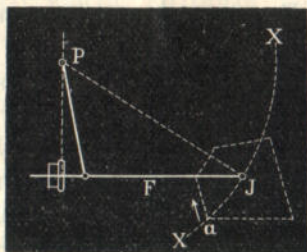


Fig. 10.

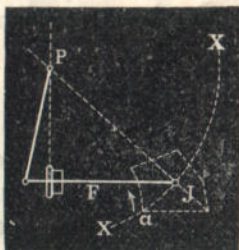


Fig. 11.

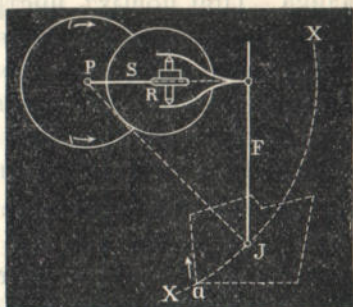


Fig. 12.

Чертежи 9, 10, 11 и 12 представляют наиболее выгодные положения различных планиметров и фигуры J , площадь S которой желают определить. Этих выгодных положений достигают соблюдая следующее правило:

4). Помещают шпиль в средине вычисляемой фигуры, а полюс P таким образом, чтобы продолженная плоскость валика проходила через полюс. При употреблении линейных планиметров нужно, чтобы рычаг составлял прямой угол с счетным валиком; при этом обвод начинают от точки a , лежащей на базисе, где валик почти не вращается и погрешности начала и конца обвода имеют больше шансов уничтожиться.

Чертежи 5, 6 и 7, указывают невыгодные положения инструмента по отношению к вычисляемой фигуре; их следует по возможности избывать.

Вычислитель, который будет постоянно следовать 2-му, 3-му и 4-му правилам и который будет возможно часто отдавать себе отчет о состоянии своего планиметра, с точки зрения 1-го правила, будет всегда получать прекрасные результаты.

Безспорно, что состояние плана, на котором действуют, очень влияет на вращение счетного валика. Не безразлично, в самом деле, совершаются ли вращения валика на бумаге гладкой или шереховатой, на торшонѣ или жилковатой бумаге, не говоря уже о волнистых и неправильных поверхностях дурно окрашенных или смятых плановѣ.

Слѣдствиемъ этого является безспорное и неоспоримое преимущество планиметровъ съ дискомъ или сферой, которые даютъ возможность валику функционировать на однообразной

поверхности и, вмѣстѣ съ тѣмъ, получать болѣе мелкія части вычисляемой площади. Эти преимущества достаточно значительны для того, чтобы съ этими инструментами обращались съ **величайшей осторожностью** и ухаживали за ними съ **особенной заботой**, тѣмъ болѣе, что и за простѣйшимъ планиметромъ необходимо ухаживать для получения удовлетворительныхъ результатовъ.

V. Общія части, мало отличающіяся во всѣхъ планиметрахъ,

суть:

1.) Обводный рычагъ.

Обводный рычагъ есть пустой, квадратнаго сѣченія, стержень изъ новаго серебра или никкелированной мѣди.

Онъ скользитъ въ муфтѣ, скрѣпленной съ вертикальною осью, что позволяетъ измѣнять по желанію длину рычага. Выгравированныя дѣленія въ $\frac{1}{2}$ миллиметра не даютъ абсолютной длины рычага; онѣ даютъ только возможность съ точностью до $\frac{1}{20}$ миллиметра установить длину рычага такъ, чтобы опредѣленный элементъ площади соответствовалъ одному обороту валика. Съ этой цѣлью на муфтѣ имѣется высеребряная пластинка, верньеръ которой служитъ для быстрой и точной установки рычага, примѣнительно къ различнымъ масштабамъ плана. (Приблизительная установка дѣлается по особымъ мѣткамъ, выгравированнымъ на рычагѣ).

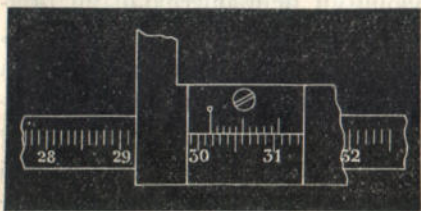


Fig. 13.

Фигура 13-ая даетъ установку верньера на число 301,5. Точная установка, соответствующая цифрамъ таблицы, помещенной въ ящикѣ, дѣлается посредствомъ микрометричнаго винта, который вращается въ муфтѣ, не много меньшей чѣмъ первая.

Порядокъ установки слѣдующій:

Ослабляютъ сначала нажимательный винтъ большой муфты и закрѣпивъ нажимательный винтъ меньшей, дѣйствуютъ микрометричнымъ винтомъ до тѣхъ поръ, пока отсчетъ по верньеру не будетъ соответствовать надлежащему числу. Послѣ этого, закрѣпляютъ нажимательный винтъ большой муфты.

2.) Обводный шпиль съ грифомъ и подпорной.

Обводный шпиль устраивается однообразно во всѣхъ моихъ планиметрахъ, именно такъ, какъ онъ изображенъ на фигурѣ 17-й.

Остріе изъ закаленной стали нажимательнымъ винтомъ удерживается, по отношенію къ рычагу, въ вертикальномъ положеніи. Вокругъ цилиндрической части вращается грифъ *b*, къ которому придѣланъ штифтъ *S* съ закругленнымъ основаніемъ: это **подпорка**. Между грифомъ *b* и рычагомъ находится спиральная пружина, которая стремится приподнять рычагъ такъ, что тонкое остріе обводнаго шпиля едва касается бумаги.

Грифъ берутъ между большимъ и среднимъ пальцами; потомъ, чтобы замѣтить точку начала обвода или во время моментальной остановки, надавливаютъ указательнымъ пальцемъ на головку обводнаго шпиля.

Прежде чѣмъ пользоваться контрольной линейкой, нужно, или отвинтить подпорку *S* или, лучше, поднять ее посредствомъ винта, снабженнаго закрѣпительной гайкой.

3.) Счетный валикъ, циферблатъ и ихъ дѣленія.

Валикъ представляетъ существенную и наиболѣе нѣжную часть во всѣхъ планиметрахъ. Концы его оси дѣлаются изъ закаленной стали высшаго качества. Ось поддерживается двумя цилиндрическими болтиками, закрѣпленными съ каждой стороны въ муфтахъ съ соотвѣтствующими исправительными приспособленіями. Одинъ изъ концовъ каждаго болтика имѣетъ подшипникъ, вырѣзанный съ особенной тщательностью, тогда какъ въ другой конецъ болтика входитъ цилиндрической выступъ головки исправительнаго винта, что придаетъ болтику значеніе исправительнаго болтика (компенсационный планиметръ). Въ полярныхъ планиметрахъ на оси находится металлическій дискъ съ никкелевымъ основаніемъ, скругленный край котораго образуетъ ободокъ валика; вращеніе *и* валика находится въ зависимости отъ діаметра этого ободка. Никкель предпочитаютъ потому, что онъ, будучи достаточно прочнымъ, не покрывается, какъ напр. сталь, ржавчиной, которая заполняетъ тонкіе желобки диска и вредитъ точности вращенія.

Въ планиметрахъ со сферой, никкелевый дискъ замѣняется цилиндромъ, который можно вообразить образованнымъ конеч-

ной прямой, параллельной обводному рычагу. Эта прямая, какъ касательная къ сферѣ, образуетъ діаметръ круга соприкоснове- нія между сферой и цилиндромъ. Этотъ кругъ увеличивается пропорціонально $l \sin \alpha$, такъ что вращеніе u цилиндра = по- верхности = $K \times l \sin \alpha$. Такъ какъ цилиндръ можетъ только вращаться около сферы безъ скольженія кверху, то въ желоб- кахъ нѣтъ надобности; необходимо только держать цилиндръ всегда очень чистымъ. Ось цилиндра дѣлается изъ бѣлаго, доста- точно твердаго и нелегко окисляющагося металлическаго сплава.

Каждая ось счетнаго валика имѣетъ подвижной цилиндръ изъ бѣлаго целлулоида, раздѣленный на 100 равныхъ частей. Сегментъ цилиндра изъ того-же матеріала закрѣпленъ противъ вращающагося цилиндра, но его не касается. На этомъ сегмен- тѣ находится верньеръ, предназначенный для подраздѣленія на 10 частей каждаго дѣленія цилиндра, что позволяетъ отсчиты- вать тысячныя доли окружности валика. Часть оси валика обра- зуетъ безконечный винтъ, который приводитъ въ движеніе ци- ферблатъ, посредствомъ шестерни, съ 10-ю зубцами въ простыхъ планиметрахъ или съ 50-ю въ планиметрахъ линейныхъ или съ дискомъ. Ось циферблата поддерживаетъ маленькій кружокъ изъ целлулоида, раздѣленный на столько-же равныхъ частей, сколько имѣется на шестернѣ зубцовъ. При каждомъ оборо- тѣ валика безконечный винтъ заставляетъ пройти передъ индек- сомъ (указателемъ) одно дѣленіе циферблата; такимъ образомъ, каждое изъ этихъ дѣленій представля- етъ одинъ оборотъ валика или 1000 единицъ верньера.

Фигура 14 даетъ примѣръ чтенія по счетному аппарату планиметра съ дискомъ. Стрѣлка циферблата находит- ся между 3-мъ и 4-мъ дѣленіями, слѣдо- вательно, валикъ сдѣлалъ только три полныхъ оборота, считая отъ нуля.

Первая цифра отсчета даетъ слѣдовательно 3000

Нуль верньера стоитъ между 4-мъ и 5-мъ дѣленіемъ, что соот- вѣтствуетъ четыремъ сотнямъ еди- ницъ верньера и вторая цифра отсчета даетъ 400

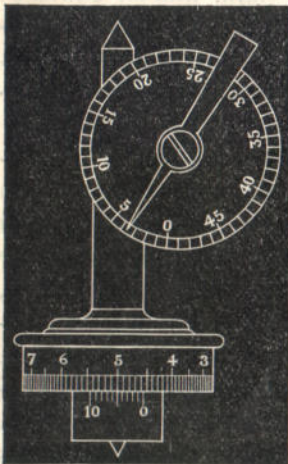


Fig. 14.

Между 4-мъ и 5-мъ дѣленіями, 5-й штрихъ десятыхъ пройденъ нулемъ верньера, что даетъ 50

И, наконецъ, верньеръ указываетъ 5

Полный отсчетъ будетъ 3455

Цилиндрическіе болтики съ подшипниками помѣщены въ мѣдныхъ выступахъ, гдѣ они удерживаются въ ихъ соотвѣтственныхъ положеніяхъ стальными нажимательными винтиками. Очевидно, что прежде чѣмъ измѣнять положеніе болтиковъ, нужно ослабить эти винты и закрѣпить ихъ вновь, когда установка будетъ сдѣлана. Эта установка достигается при помощи стального винта, выступъ головки котораго захватываетъ въ выемкѣ болтикъ и перемѣщаетъ его въ направленіи оси валика. Излишне объяснять, что болтикъ и исправительный винтъ должны быть поставлены параллельно.

Безполезно говорить также, что дѣло механика—судить до какихъ поръ онъ долженъ сдвигать или раздвигать болтики съ помощью вышеописаннаго механизма. Я, впрочемъ, рекомендовалъ-бы никогда не измѣнять положенія оси изъ простаго удовольствія вращать винты, такъ какъ опытъ показалъ, что хорошо установленная ось инструмента не измѣняетъ своего положенія въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ; она регулируется такимъ образомъ, что въ средней температурѣ валикъ отъ малѣйшаго толчка вращается очень скоро, само собой разумѣется, если онъ ни на чемъ не лежитъ. По этому поводу позволительно мнѣ формулировать одно замѣчаніе или, иначе, совѣтъ:

Не должно никогда вращать пальцами счетный валикъ въ то время, когда онъ покоится на своей точкѣ прикосновенія. Это замѣчаніе относится ко всѣмъ планиметрамъ.

Измѣненіе температуры, вслѣдствіе неодинаковаго расширенія двухъ металловъ, входящихъ въ конструкцію (латунь для оправы и сталь для оси), вліяетъ на ходъ валика. Принесенный съ холоду, валикъ будетъ вращаться съ трудомъ и вращеніе не будетъ вполнѣ правильно (см. гл. III и IV). Если, наоборотъ, планиметръ стоялъ на солнцѣ, вращеніе будетъ слишкомъ свободно, что также вредно отзовется на результатахъ вычисления.

Однако, въ обоихъ случаяхъ, не должно осмѣливаться регулировать ходъ валика посредствомъ болтиковъ. Въ первомъ случаѣ согрѣваютъ счетный аппаратъ рукою, а во второмъ оставляютъ инструментъ, прежде чѣмъ его употреблять, на нѣ-

которое время въ тѣни. Въ прохладную погоду, при вычисленіи, хорошо имѣть закрытыя окна.

Въ противоположность тому, что иногда утверждаютъ, другія измѣненія въ размѣрахъ инструмента, производимыя перемѣной температуры, не оказываютъ никакого вліянія на вычисленіе площадей. Обводный рычагъ удлиняется между 0 и 100°C

почти на $\frac{1}{500}$ всей своей длины, а такъ какъ температура комнаты не измѣняется болѣе, какъ между + 10 и 30°C, то измѣненіе въ длинѣ рычага и, слѣдовательно, во вращеніи u будетъ самое большое $\frac{1}{2500}$.

4). Постоянное для случая, когда полюсъ находится внутри фигуры.

Когда приходится вычислять фигуры на столько большія, что ихъ нельзя обвести заразъ шпилемъ, планиметры, директриса которыхъ кругъ (напр. полярные планиметры), могутъ быть употребляемы съ постановкой полюса внутри фигуры, при чемъ обводъ совершается въ сторону движенія часовой стрѣлки. Когда шпиль движется по базису XX , валикъ движется по директрисѣ, такъ что отъ момента, въ который шпиль начинаетъ движеніе, до момента возвращенія его въ старую точку, послѣ того, какъ будетъ сдѣланъ полный оборотъ вокругъ полюса, не получится никакого вращенія валика. Но, тѣмъ не менѣе, обведенная поверхность = πr^2 (r разстоянію шпиля отъ полюса) или, что все равно, обведенная поверхность равна площади основнаго круга XX .

Такъ какъ вращеніе не отмѣчается, то его замѣщаютъ постояннымъ числомъ, которое представляетъ вращеніе валика, соответствующее этой поверхности, выраженной въ единицахъ верньера. Это постоянное мѣняется для каждаго инструмента и для каждой новой длины обводнаго рычага и можетъ быть опредѣлено особымъ способомъ.

Если обводимая площадь болѣе площади образуемой базисомъ XX , то нужно къ постоянному числу прибавить число дѣленій, записанныхъ при обводѣ; если, наоборотъ, площадь меньше, то нужно вычесть.

Такое употребленіе планиметра мало удобно и выигранное время не соотвѣтствуетъ точности результатовъ, почему къ нему прибѣгаютъ очень рѣдко; вычислители предпочитаютъ вообще дѣлить большія фигуры на болѣе мелкія части.

Примѣненіе вновь устроеннаго раздвижнаго полярнаго рычага при компенсационныхъ планиметрахъ значительно упрощаетъ употребленіе ихъ при положеніи полюса внутри фигуры и, кромѣ того, даетъ возможность достигнуть достаточно большей точности и въ этомъ малоупотребительномъ способѣ, совершая обводъ при двухъ положеніяхъ полюса—влѣво и вправо отъ обводнаго рычага.

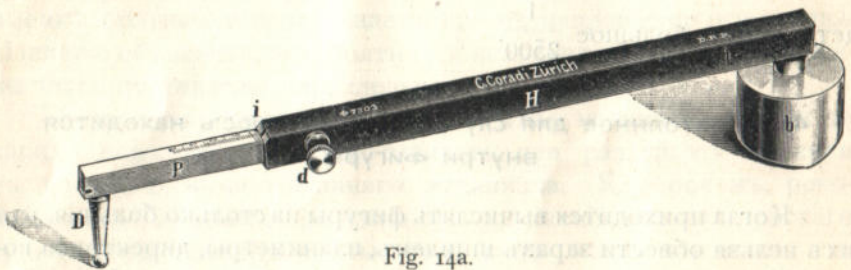


Fig. 14a.

На рисункѣ 14-а раздвигающійся рычагъ изображенъ почти въ половину натуральной величины. Онъ состоитъ изъ двухъ главныхъ частей—полой четырехгранной штанги *H*, на которой помещается полюсная тяжесть *b*, и штанги *P* съ колѣномъ и шарикомъ, двигающейся внутри первой штанги и закрѣпляющейся посредствомъ нажимательнаго винта *d*. При этомъ разстояние между иглой полюса и шарикомъ на колѣнѣ можетъ измѣняться отъ 13 до 23 сантиметровъ. На штангѣ *P* имѣется небольшая шкала раздѣленная на $\frac{1}{4}$ миллиметры, по которой отсчитывается длина полярнаго рычага посредствомъ находящейся на штангѣ *H* высеребряной фасетки. Длина полярнаго рычага можетъ быть выбрана такъ, чтобы поверхность основнаго круга равнялась 20000 единицъ верньера. Въ такомъ случаѣ при обводѣ фигуры съ полюсомъ внутри ея вращеніе валика **прибавитъ** столько единицъ верньера къ 20000, на сколько площадь обводимой фигуры болѣе 20000 (основнаго круга), или **вычтетъ** столько единицъ верньера изъ 20000, на сколько площадь обводимой фигуры меньше основнаго круга, такъ что результатъ для площади обведенной фигуры получается подобнымъ же образомъ, какъ и при полюсѣ внѣ фигуры, при чемъ надо забо-

таться чтобы были поставлены десяти тысячные цифры отсчета 0, 1 или 2, что легко опредѣлить. Длина полярнаго рычага должна быть опредѣлена для каждой установки обводнаго рычага и обозначена на шкалѣ выдвигной части; кромѣ того установка фасетки заносится въ указательную таблицу.

5). Указательная таблица.

Каждый планиметръ, за исключеніемъ планиметровъ съ постояннымъ рычагомъ, сопровождается маленькой таблицей, наклеенной внутри ящика и похожей на таблицу помѣщенную ниже. Въ этой таблицѣ находятся, для даннаго инструмента, длины рычага и величины единицъ верньера, соотвѣтствующія 4-мъ или 5-и различнымъ численнымъ масштабамъ. Таблицы полярныхъ планиметровъ, кромѣ того, даютъ еще постоянныя для нѣсколькихъ масштабовъ.

Масштабъ	Установка верньера на обводномъ рычагѣ	Величина площади, соотвѣтствующей одному дѣленію верньера	Постоянное число
1 : 1000	318 . 3	10 м ² (1 : 1) 10мм ²	22173
1 : 500	255 . 1	2 " 8 "	23154
1 : 2500	203 . 5	40 " 6,4 "	25932
1 : 2000	158 . 8	20 " 5 "	—
1 : 5000	126 . 9	100 " 4 "	—

Въ первой графѣ указаны масштабы плана, площадь котораго желаютъ вычислить; вторая графа даетъ длины рычага, выраженные въ единицахъ верньера на пластинкѣ; въ 3-й графѣ указаны:

1) Величина единицы верньера валика т. е. коэффициентъ, на который должно умножить число u , полученное послѣ одного обвода фигуры, для полученія ея площади въ квадратныхъ метрахъ, и 2). Величина единицы верньера выраженная въ квадратныхъ миллиметрахъ и въ натуральной величинѣ плана (1 : 1). Въ четвертой колоннѣ находятся постоянныя числа для случая, когда полюсъ помѣщается внутри фигуры. *) Для планиметровъ съ раздвижнымъ полярнымъ рычагомъ въ 4 колон-

*) Въ Россіи, вѣроятно за нераспространенностью удобныхъ численныхъ масштабовъ, въ которыхъ знаменатель выражался бы единицей съ нулями, а также за отсутствіемъ десятичной системы мѣръ, не принято вычислять площади въ натуральныхъ квадратныхъ единицахъ плана. Соотвѣтственно этому, въ экземплярахъ планиметровъ Коранди, направляемыхъ черезъ фирму Герляхъ въ Россію, въ 4-й графѣ указательной таблицы,

нѣ вмѣсто постоянныхъ чиселъ находятся длины полярнаго рычага для постоянного 20000, выраженный въ $\frac{1}{2}$ миллиметрахъ.

6). Контрольная линейка.

Между принадлежностями каждаго планиметра находится маленькая мѣдная линейка, раздѣленная на 8 или на 10 сантиметровъ*). На нулѣ дѣлений просверлено маленькое отверстие, въ которое вставляется конецъ иглы, удерживаемый винтомъ.

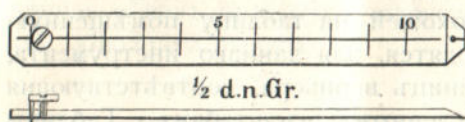


Fig. 15.

Конецъ каждаго изъ дѣлений означаетъ маленькимъ коническимъ углубленіемъ, размѣры котораго равны оконечности обводнаго шпилья.

Линейку кладутъ на хорошо выравненный планъ и втыкаютъ иглу. Потомъ, вывинтивъ или достаточно приподнявъ подпорку при обводномъ шпильѣ, помѣщаютъ острие его въ одно изъ углубленій. Ясно, что вращая теперь линейку около центра ея вращенія, мы опишемъ шпилемъ кругъ, радиусъ ко-

площади, соотвѣтствующія одному дѣленію планиметра, даны въ доляхъ десятины, примѣнительно къ наиболѣе встрѣчающимся въ практикѣ масштабамъ. Такъ, къ компенсационному планиметру № 3649, принадлежащему Межевому Присутствію Тифлисской Судебной Палаты, приложена слѣдующая таблица:

Численный масштабъ	Установка верньера	Вел. площ., соотвѣтствующей одному дѣленію	Постоянное число
1 : 8400	302,9	0,06 десятины	23527
1 : 4200	—	0,015 "	—
1 : 8400	252,2	0,05 "	24762
1 : 4200	201,6	0,01 "	—
1 : 8400	—	0,04 "	—
1 : 8400	151,0	0,03 "	—

Отнюдь, однако не нужно думать, что этими установками исчерпывается вычислительная способность планиметра. Какъ увидимъ ниже, каждый вычислитель имѣетъ возможность установить планиметръ съ перемѣннымъ рычагомъ въ довольно широкихъ предѣлахъ.

Примѣч. переводчика.

*) Контрольная линейка планиметровъ изготовляемыхъ для Россіи, имѣетъ дюймовыя или полудюймовыя дѣленія, что обуславливается законеннымъ у насъ для межевыхъ плановъ основаніемъ линейнаго масштаба.

Примѣч. переводчика.

торого извѣстенъ. Чтобы дать возможность точно возвратиться въ начальную точку обвода, конецъ линейчки скошенъ и на немъ сдѣлана черта, которая приводится въ совмѣщеніе съ мѣткой, дѣлаемой на бумагѣ вначалѣ обвода.

Далѣе (fig. 18 и 22) мы увидимъ какъ употребляется контрольная линейчка; ея цѣль—помочь наблюдать **правильность** вращенія и валика.

Чтобы избѣжать всякаго вліянія обводящей руки (радіальное давленіе) удерживаютъ обводный шпиль на чертѣ дѣленія при помощи какой нибудь тяжести, что даетъ возможность описать кругъ, не держась рукой за обводный шпиль, а двигая пальцемъ самую линейчку.

Иногда, вмѣсто линейчки, употребляютъ **контрольный кругъ**. Это мѣдная пластинка въ 1 или $1\frac{1}{2}$ миллиметра толщиной. Она закрѣпляется на бумагѣ двумя очень тонкими стальными остріями. На лицевой полированной поверхности выгравированы концентрическіе круги съ радіусами въ 2, 3, 4, 5 и 6 сантиметровъ, которые обводятся шпилемъ планиметра. Въ этомъ случаѣ нѣтъ необходимости замѣчать точку начала круговаго движенія; достаточно ее выбрать такъ, что-бы плоскость, проведенная черезъ рычагъ или его продолженіе, проходила черезъ центръ обводимаго круга *).

Теперь, когда мы познакомились съ составными частями, которыя почти тѣ-же во всѣхъ планиметрахъ, перейдемъ къ

VI. Описанію планиметровъ,

начиная съ

1). Линейнаго планиметра со сферой.

Фигура 16-я представляетъ инструментъ приблизительно въ половину его натуральной величины.

*) Намъ никогда не приходилось видѣть контрольныхъ круговъ, но думается, что это довольно удобный приборъ, хотя способъ рекомендуемый авторомъ для отмѣтки начальной точки обвода, едва-ли соответствуетъ специальной цѣли этихъ приборовъ дать возможность судить о постоянствѣ отсчетовъ при многократныхъ обводахъ шпилемъ контрольнаго круга.

Директриса вертикальной оси обводного рычага прямая линия, какъ во всѣхъ линейныхъ планиметрахъ. Инструментъ покоится на планѣ тремя точками: двумя валиками R' и обводнымъ шпилемъ (или его подпоркой S). Въ рамѣ B нарѣзаны гайки для винтовъ съ подшипниками, между которыми вращается ось A на двухъ остріяхъ изъ лучшей закаленной стали. Первый винтъ—исправительный; онъ можетъ быть закрѣпленъ мѣднымъ нажимательнымъ винтомъ, какъ это бываетъ обыкновенно во всѣхъ исправительныхъ винтахъ моихъ планиметровъ.

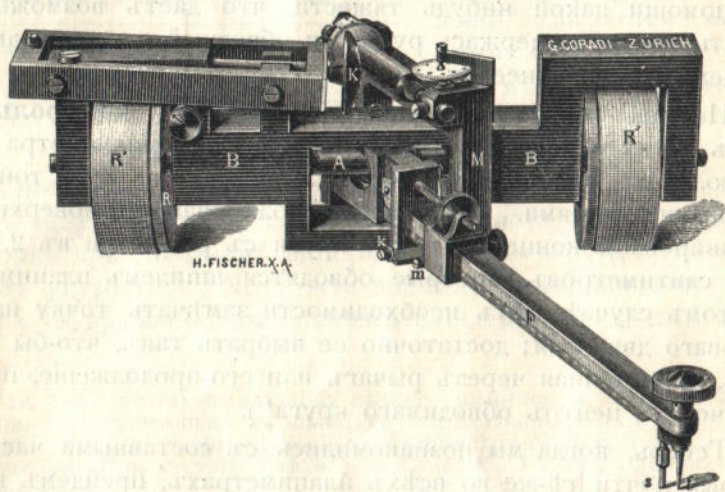


Fig. 16.

Ось A прочно и концентрически соединена съ двумя совершенно одинаковыми валиками R' , поверхность ободковъ которыхъ покрыта легкой пунктировкой, чтобы гарантировать однообразіе поступательнаго движенія по плану.

Одинъ изъ валиковъ соединенъ съ мелкой зубчаткой R , съ которой сцепляется другой валикъ, меньшій, укрѣпленный на стальной оси сегмента K сферы (этотъ маленькій валикъ не виденъ на нашемъ рисункѣ).

Ось шароваго сегмента помѣщена въ горизонтальномъ ящикѣ, гдѣ лѣвый конецъ ея поддерживается исправительнымъ винтомъ съ подшипникомъ, а правый, имѣющій видъ конуса, вращается на подставкѣ изъ закаленной стали. Къ правому концу оси прикрѣпленъ сферическій сегментъ K , сдѣланный изъ твердаго сплава и немного оксидированный. Ящикъ заключающій

ось сферы, можетъ немного вращаться въ лѣвую сторону на оси, подшипники которой закрѣплены въ рамѣ *B*, и ось опускается подъ собственнымъ вѣсомъ до тѣхъ поръ, пока маленький зубчатый валъ на оси не придетъ въ соприкосновеніе съ зубчатымъ валикомъ цилиндрическаго вала *R*. Такимъ образомъ сцѣпленіе регулируется само-собою. Винтъ со стрѣлкой, повернутый на полъ-оборота, служитъ для разъединенія зубчатыхъ валиковъ; когда стрѣлка обращена внизъ—сцѣпленіе восстановлено.

Ось *A* и ось сферы параллельны и лежатъ въ одной вертикальной плоскости. Въ той-же плоскости находится, также внутри рамы *B*, вертикальная ось обводнаго рычага, образованная двумя стальными исправительными винтами, гайки которыхъ нарѣзаны въ тѣлѣ *B*. Ихъ подшипники вырѣзаны въ муфтѣ обводнаго рычага такъ, что линія прикосновенія (т. е. вертикальная ось рычага) образуетъ прямой уголъ съ осью рычага.

Нажимательный винтъ, предназначенный для закрѣпленія рычага въ его муфтѣ, находится на задней сторонѣ *B*. Чтобы имъ было удобно дѣйствовать, необходимо отклонить рычагъ насколько возможно вправо.

Рама *M*, заключающая счетный механизмъ, выступаетъ спереди и сзади и можетъ поворачиваться около горизонтальной оси, параллельной обводному рычагу. Это горизонтальная ось образуется двумя исправительными винтами, острія которыхъ соотвѣтствуютъ двумъ подшипникамъ въ муфтѣ рычага. Тотъ изъ подшипниковъ, который находится на сторонѣ обводнаго шпилья, помѣщенъ на стальной подвижной пластинкѣ, устанавливаемой двумя винтами *K*, которые, сообщая общее передвиженіе пластинкѣ и подшипникамъ, приводятъ счетный цилиндръ въ положеніе строго параллельное оси обводнаго рычага. Рама *M* и муфта рычага соединены спиральной пружиной, натяженіе которой заставляеть счетный цилиндръ постоянно прикасаться къ сегменту сферы *K*.

Въ рамѣ *M*, сверхъ того, имѣется одинъ винтъ, легко узнаваемый по его цилиндрической просверленной головкѣ, который, упираясь въ обводный рычагъ, можетъ удалить раму *M* отъ сферическаго сегмента и уничтожить тѣмъ самымъ прикосновеніе между сегментомъ и цилиндромъ. Это дѣйствіе должно быть выполнено каждый разъ, когда инструментъ не употребляется или когда съ нимъ выполняютъ какія-

либо побочныя манипуляціи. Въ противномъ случаѣ, возможны нечаянныя точки между цилиндромъ и сегментомъ, а это, со временемъ, повлечетъ порчу этихъ двухъ наиболѣе важныхъ частей планиметра. Иногда, между указанными частями помѣщаютъ или тампонъ изъ шелковой бумаги, или маленькій кусочекъ мягкой кожи.

На правой сторонѣ ящика *B* находится еще одинъ нажимательный винтъ, съ помощью котораго, вращая его осторожно, можно уменьшить или совсѣмъ уничтожить шаткость цилиндра *A*. Цѣль такого закрѣпленія понятна: оно препятствуетъ инструменту притти въ движеніе отъ ненамѣреннаго толчка или удара.

Обводный рычагъ устроенъ такимъ образомъ, что онъ можетъ дѣлать размахи около 30° вправо и влѣво отъ базиса. Движеніе вдоль базиса неограничено. Изъ этого слѣдуетъ, что этимъ планиметромъ можно обвести заразъ фигуры, ширина которой равна принятой длинѣ обводнаго рычага, а длина можетъ быть какая угодно.

Линейные планиметры устраиваются двоякихъ размѣровъ. Большіе имѣютъ цилиндръ въ 16 сантиметровъ, меньшіе въ $12\frac{1}{2}$. Соотвѣтственныя длины обводнаго рычага равны 30 или 24 сантиметрамъ. Каждый инструментъ можетъ быть снабженъ надставкой къ подвижному рычагу, что позволяетъ увеличить длину рычага до 50 или 40 сантиметровъ, смотря по величинѣ инструмента.

Надставку можно прикрѣпить къ обводному рычагу не снимая его изъ муфты и не рискуя, такимъ образомъ, измѣнить положеніе пластинки относительно нажимательныхъ винтовъ. **Передъ прикрѣпленіемъ или удаленіемъ надставки, необходимо помѣстить тампонъ между сферой и цилиндромъ или, лучше, ихъ отдалить при помощи винта.**

Величина площади, соотвѣтствующей одному дѣленію планиметра, можетъ измѣняться отъ 1,0 до 0,4 кв. миллим. для большихъ планиметровъ и отъ 0,8 до 0,32 кв. миллим. для планиметровъ меньшихъ. При употребленіи надставки, эта площадь можетъ быть увеличена до 2 и 1,5 кв. миллим., смотря по величинѣ инструмента.

Большимъ линейнымъ планиметромъ (рычагъ 50 сантим., площадь соотвѣтствующая одному дѣленію 2 кв. миллим.) можно

обвести фигуру въ 50 сантим. шириною, при произвольной длинѣ—вещь невозможная для всѣхъ другихъ планиметровъ.

Необходимо избѣгать общихъ перестановокъ этого планиметра, съ мѣста на мѣсто, дабы ободки цилиндровъ $R'R'$ не потеряли своей правильности, слѣдствіемъ чего будетъ нарушение правильности ихъ поступательнаго движенія.

Преимущество линейныхъ планиметровъ со сферой состоитъ въ томъ, что счетный валикъ совершаетъ **свое вращательное движеніе** на сферическомъ сегментѣ т. е. на поверхности правильной и совершенно чистой. Величина вращения, такимъ образомъ, почти не зависитъ отъ вреднаго вліянія скольженія и совершенно не зависитъ отъ состоянія бумаги, на которой производятъ вычисленіе.

2). Прецизионный планиметръ съ дискомъ. *)

Фигура 17-я представляетъ этотъ планиметръ приблизительно въ одну треть натуральной величины.

Онъ состоитъ изъ двухъ различныхъ частей: 1) полярнаго диска P , на краю котораго сдѣланы мелкіе зубчики, и 2) собственно планиметра $AFHSM$.

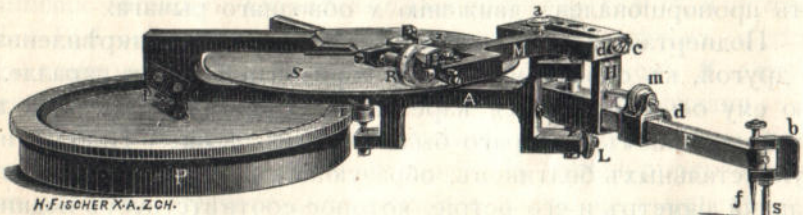


Fig. 17.

F обозначаетъ обводный рычагъ, устроенный такъ-же, какъ и въ другихъ планиметрахъ; A обозначаетъ полярный рычагъ, поддерживающій, посредствомъ вертикальной оси, валикъ r и дискъ S . Эта вертикальная ось покоится на исправительномъ

*) Подвѣшенные шаровые планиметры болѣе изготавляются не будутъ; это не потому, что они не точно дѣйствуютъ, а потому, что въ столь неуклюжемъ инструментѣ обѣ чувствительныя части (шаръ и цилиндръ) легко подвергаются порчѣ, требующей дорогой починки и вызывающей критическое отношеніе къ инструменту. Планиметръ съ дискомъ является результатомъ долголѣтняго опыта и представляетъ точнѣйшій и надежнѣйшій инструментъ для вычисленія площадей.

винтъ съ подшипникомъ. Обводный рычагъ связанъ съ полярнымъ также вертикальною осью, закрѣпленной въ рычагѣ такимъ образомъ, что онъ вращается какъ дверь на своихъ петляхъ. Верхній винтъ оси, съ подшипникомъ,—также исправительный.

Полярный рычагъ покоится съ одной стороны, на подпорномъ колесикѣ L , съ другой—оконечностью p , строго въ центрѣ диска P , посредствомъ сферическаго подшипника, вращаясь на хорошо полированномъ шарикѣ, представляющемъ центръ вращенія (или полюсь) инструмента. Подшипникъ устроенъ въ скошенной части рычага и представляетъ опрокинутую полусферу изъ хорошо полированной стали, того-же діаметра, какъ шарикъ. Когда подшипникъ положенъ на шарикъ, полярный рычагъ опускается самъ собой до тѣхъ поръ, пока зубчатый валикъ r не придетъ въ сцѣпленіе съ мелкими зубчиками диска P . Такимъ образомъ, вѣсь рычага A автоматически регулируетъ сцѣпленіе валика r и, при движеніи инструмента, покоящагося на трехъ точкахъ 1) подпорномъ валикѣ L , 2) полярномъ подшипникѣ p и 3) подпоркѣ обводнаго шпиля, дискъ S начнетъ вращаться, поворачиваясь на величину пути, проходимаго валикомъ r по зубчатому краю полярнаго диска P ; этотъ путь пропорціоналенъ движенію x обводнаго рычага.

Подпертая съ одной стороны дискомъ S и прикрѣпленная, съ другой, къ обводному рычагу горизонтальною и параллельною ему осью, находится каретка M , содержащая счетный валикъ, механизмъ котораго былъ описанъ выше. Правый изъ двухъ стальныхъ болтиковъ, образующихъ ось каретки, имѣетъ большій діаметръ и его остріе, которое соотвѣтствуетъ подшипнику, вырѣзанному въ муфтѣ обводнаго рычага, расположено эксцентрично такъ, что при поворачиваніи болтика около оси, положеніе каретки M (сдѣдовательно, и оси валика) нѣсколько мѣняется; этотъ микрометрическій механизмъ служитъ для достиженія съ высокой точностью параллельности между обводнымъ рычагомъ и осью счетнаго валика. Два болтика оси каретки удерживается въ ихъ положеніяхъ двумя нажимательными винтами и регулируются посредствомъ винтовъ съ выступами на головкахъ (см. устройство счетнаго валика, стр. 19).

Винтъ a , гайка котораго нарѣзана въ дышлѣ каретки, служитъ для приподнятія каретки подъ дискомъ. **Полезно приподымать счетный валикъ, когда инструментъ находитъ**

ся въ покоѣ или когда надъ нимъ необходимо выполнить какія-нибудь дѣйствія, вродѣ установки шпиля обводнаго рычага, чистки и т. п.

Каретка *M* можетъ быть совсѣмъ запрокинута, что позволяетъ чистить аллюминіевый дискъ. Я предпочитаю этотъ металлъ каучуку или целлулоиду потому, что диски изготовленные изъ этихъ веществъ скоро коробятся; кромѣ того, аллюминій болѣе **легокъ**, болѣе **проченъ** и болѣе **надеженъ**, чѣмъ стекло, которое имѣетъ досадное обыкновеніе разбиваться какъ разъ тогда, когда оно наиболѣе нужно. Что касается остального, то я нахожу лишнимъ говорить, что диски изъ аллюминія служатъ лучше, чѣмъ изъ мѣди или стали, большой удѣльный вѣсъ которыхъ затрудняетъ правильный ходъ инструмента. Подробность устройства: верхъ диска покрытъ бумагой, а низъ, для уменьшенія вѣса, устроенъ радіально.

Діаметръ полярнаго диска 15 сантим., вся длина рычага около 35 самнтим. Величина площади соотвѣтствующей одному дѣленію измѣняется отъ двухъ до 0,5 кв. миллим. въ зависимости отъ длины обводнаго рычага. Двѣ мѣтки сопровождаемыя стрѣлками, начерченными на полярномъ дискѣ, обозначаютъ части диска, которыя соотвѣтствуютъ наиболѣе правильному вращенію валика *r*. Объясненіе данное на стр. 12 и 15, и чертежи 7-й и 12-й оправдываютъ существованіе этихъ мѣтокъ и дѣлаютъ понятнымъ, что, для точнаго вычисленія, дискъ *S* долженъ всегда двигаться въ промежуткѣ между этими стрѣлками.

Когда обводный рычагъ находится въ нормальномъ положеніи, при чемъ продолженная плоскость валика проходитъ черезъ полюсъ, вращательное движеніе диска не вызоветъ движеніе валика. Если, оставивъ полярный рычагъ въ покоѣ, будемъ поворачивать обводный рычагъ около его вертикальной оси, то счетный валикъ будетъ только скользить по диску, описывая дугу круга. Но какъ только рычагъ образуетъ съ своимъ нормальнымъ положеніемъ уголъ α , разстояніе между плоскостью валика и центромъ диска *S* сдѣлается пропорціональнымъ $l \cdot \sin \alpha$. Если вмѣсто вращенія на мѣстѣ, проташить рычагъ или, что все равно, каретку, сохранивъ то же угловое отклоненіе на разстояніе, длину котораго обозначимъ буквой *x*, то это разстояніе выразится $\frac{l}{m}$ -ой всей окружности директрисы т. е. $\frac{2 \Pi r}{m}$ (гдѣ *r* — радіусъ директрисы).

Вращение валика, таким образом, равно

$$u = l \sin \alpha \cdot \frac{2 \Pi r}{m} \cdot C, *)$$

что и устанавливает основное начало — пропорциональности вращения обводимой поверхности.

Этим планиметром очень удобно действовать, так как только две его точки — подпорный валик и шпиль — касаются плана, который, без особого вреда для точности, может представить неровную поверхность. Тем не менее, необходимо класть полярный диск горизонтально и неподвижно.

3). Компенсационные планиметры.

Эти планиметры предназначены для постепенного вычисления простых полярных планиметров. Компенсационные планиметры отличаются тем, что полярный рычаг их может быть одинаково помещен как вправо, так и влево относительно обводного рычага. Такое устройство имеет целью исключить погрешность во вращении u валика, происходящую от непараллельности оси валика с осью обводного рычага. В самом деле, эта погрешность влияет то положительно, то отрицательно на результат вычисления, смотря по тому справа или слева находится обводный рычаг относительно полярного. Г. О. Лангъ, который дал идею этого нового устройства планиметров, имел труд обстоятельно исследовать справедливость принципа компенсации в 12-м номере Zeitschrift für Vermessungswesen за 1894 годъ.

Я попытаюсь воспроизвести его теорию в возможно простом изложении.

Если ось валика образует с осью обводного рычага угол δ , то вращение u валика не будет равно $x \cdot \sin \alpha$, а $x \cdot \sin (\alpha + \delta)$. Другими словами, вращение u перестает быть пропорциональным обводимой площади. Когда полюс помещаясь справа, очень близок к обводному рычагу, ошибка заключающаяся во вращении u очень велика и, смотря по алгебраи-

*) C обозначает постоянное, которое зависит от размеров инструмента (размеры диска P , валика r и полярного рычага A). Полную теорию этого планиметра см. в статье проф. Ф. Лорбера в Zeitschrift für Vermessungswesen за 1884 г. 1-ая тетрадь.

его муфтѣ, благодаря чему площадь, соответствующая одному дѣленію, измѣняется отъ 10 до 2-хъ кв. миллиметровъ. При 10 кв. миллиметрахъ разстояніе между обводнымъ шпилемъ и колѣномъ (истинная длина обводнаго рычага) равно 160 миллиметрамъ; при 2 кв. миллим. оно равно 32 миллиметрамъ.

Особый механизмъ служитъ для исправленія угловой ошибки δ , о которой говорилось выше. Онъ состоитъ изъ исправительнаго винта (не показаннаго на рисункѣ), помѣщеннаго въ муфтѣ, налѣво отъ пластинки верньера. Мѣдный нажимательный винтъ служитъ для закрѣпленія исправительнаго винта, плоскій конецъ котораго упирается въ бокъ обводнаго рычага. Въмѣсто нажимательнаго винта d'' , показаннаго на нашемъ рисункѣ, спиральная пружина уничтожаетъ мертвый ходъ исправительнаго винта. Благодаря такому устройству, положеніе обводнаго рычага относительно оси валика можетъ быть вывѣрено, не трогая подшипниковъ послѣдняго. Сторона рычага, противолежащая нажимательному винту d (съ правой стороны муфты), немного скошена внутрь. Это сдѣлано для того, чтобы, при закрѣпленіи этого нажимательнаго винта, дѣйствіе пружины было сильнѣе и чтобы рычагъ прочно заклинивался въ его двухъ муфтахъ. До исправленія положенія обводнаго рычага, необходимо отпустить нажимательный винтъ.

Счетный валикъ съ его дѣлениями былъ описанъ въ V-ой главѣ; маленькій циферблатъ сдѣланъ изъ целлулоида и его окружность раздѣлена на десять равныхъ частей.

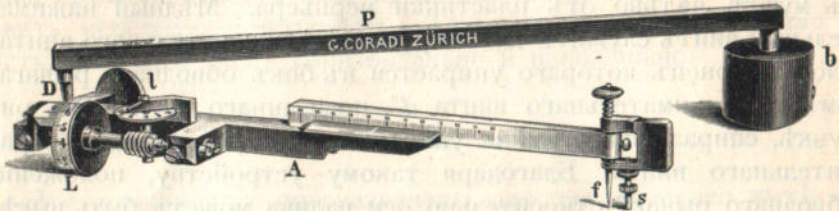
Для обведенія фигуры, берутъ грифъ большимъ и среднимъ пальцами, потомъ надавливаютъ указательнымъ пальцемъ на головку шпиля, чтобы тонкое остріе воткнулось въ бумагу; это дѣлаютъ всякій разъ, когда замѣчаютъ начальную точку обвода или когда желаютъ повѣрить положеніе обводнаго шпиля. Во время обвода кисть руки лежитъ на планѣ.

Иногда встрѣчаются планиметры совершенно похожіе на описанный и изображенный на фиг. 20-й, но съ тѣмъ единственнымъ различіемъ, что приспособленія для вывѣрки положенія оси валика и оси рычага въ нихъ нѣтъ, и эти двѣ части при самомъ устройствѣ окончательно закрѣплены параллельно.

Планиметръ изображенный на фиг. 21-й, предназначенъ только для одного значенія площади, соответствующій одному дѣленію верньера. Величина этой площади можетъ быть выбрана отъ 10 до 7,5 квадр. миллим. Часть обводнаго рычага,

на которой помѣщенъ обводный шпиль, сдѣлана изъ новаго серебра и снабжена дѣлениями, помощью которыхъ индексъ, выгравированный на рычагѣ, указываетъ (въ полумиллиметрахъ) разстояніе между обводнымъ рычагомъ и колѣномъ *D*. Цифры, указывающія постоянное и величину единицы верньера, выгравировываются на рычагѣ *A*.

Fig. 21.



Слѣдствіемъ этого новаго устройства полярныхъ планиметровъ является то, что эти планиметры, будучи болѣе солидными, прочнѣе старыхъ; ихъ употребленіе болѣе удобно, а точность результатовъ неизмѣримо выше. Преимущества ихъ передъ старой конструкціей не могутъ быть изложены въ определенной системѣ, но важнѣйшія изъ нихъ суть слѣдующія:

1) Колѣно, благодаря своему устройству, не можетъ колебаться, при чемъ, однако, необходимо заботиться объ абсолютной чистотѣ углубленія *D* въ муфтѣ рычага.

2) Такъ какъ инструментъ помѣщается въ футлярѣ раздѣленномъ на двѣ части, то исключается опасность, что связи, ихъ соединяющія, пострадаютъ при перевозкѣ ящика.

3) Угловое вращеніе, почти на 180° , обводнаго рычага вправо или влѣво отъ полярнаго рычага, безъ измѣненія при томъ своего нормальнаго положенія на планѣ, позволяетъ вычислителю обводить фигуры значительно большія тѣхъ, которыя могли быть вычислены посредствомъ моихъ старыхъ планиметровъ или обыкновенныхъ планиметровъ Амслера, въ которыхъ раздвиженіе рычаговъ не можетъ быть болѣе 90 или 100° .

4) Для повѣрки параллельности оси валика новая конструкція позволяетъ брать также большія поверхности, при чемъ каждый обводъ этой поверхности направо и налѣво отъ полюса долженъ давать **одинъ и тотъ-же** результатъ.

5) Отсчитывать по валику очень легко, благодаря отсутствию всякаго мѣшающаго отблеска. Полярный рычагъ, не будучи связанъ наглухо съ инструментомъ, тѣмъ самымъ облегчаетъ различныя дѣйствія надъ собственно инструментомъ.

Не только въ сложныхъ планиметрахъ, но и въ разсматриваемыхъ упрощенныхъ инструментахъ, счетный валикъ съ его подшипниками есть **очень нѣжная** часть, которая требуетъ большой осторожности въ обращеніи. Поврежденія этой части влекутъ потерю точности планиметромъ, какой-бы конструкціи онъ ни былъ.

Употребленіе планиметровъ.

Прежде чѣмъ употреблять планиметръ, нужно отдать себѣ отчетъ въ его общемъ состояніи; каждый, по крайней мѣрѣ, будетъ вращать ось счетнаго валика и внимательно смотрѣть — совершается-ли движеніе легко и прекращается-ли оно медленно и безъ скачковъ.

Нѣтъ геодезическаго инструмента болѣе нѣжнаго, чѣмъ планиметръ. Порча инструмента рѣдко случается отъ внѣшнихъ причинъ; скорѣе ее нанесетъ лицо производящее изслѣдованіе.

Чтобы изслѣдовать общее состояніе планиметровъ разнаго рода, выполняютъ слѣдующее:

1) Для линейныхъ планиметровъ со сферой.

Кладутъ раму B на книгу или на другой предметъ подобной формы такъ, чтобы валъ A могъ свободно вращаться. Затѣмъ, поворачиваютъ отклоняющій винтъ до тѣхъ поръ, пока остріе стрѣлки не обратится кверху; этимъ достигается разъединеніе зубчатаго валика, закрѣпленнаго на оси сферическаго сегмента, съ валомъ A . Послѣ этого, при помощи установительнаго винта, отдаляютъ раму M сегмента, помѣщая обводный рычагъ такъ, чтобы онъ образовалъ съ полярнымъ рычагомъ прямой уголъ. Затѣмъ пробуютъ сообщить валику A легкое передвиженіе въ сторону оси; слабое колебаніе — не вредно. Потомъ приводятъ валикъ въ движеніе; если все въ порядкѣ, то онъ долженъ вращаться легко и продолжительно.

Обводный рычагъ, закрѣпленный въ своей муфтѣ нажимаемымъ винтомъ, долженъ свободно вращаться около своей

вертикальной оси. Шаткость должна быть очень мала; чтобы убедиться въ этомъ пробуютъ повернуть рычагъ около его продольной оси какъ вправо, такъ и влѣво. Ось шароваго сегмента должна вращаться также легко; маленькая шаткость, въ направленіи оси, допустима. Горизонтальная ось рамы, въ которой находится счетный аппаратъ, также какъ и ось рамы, заключающей ось сегмента, не должны имѣть малѣйшей шаткости; чтобы убедиться въ этомъ, удерживая крѣпко раму *B*, пробуютъ (маленькими толчками) сдвинуть съ мѣста эти части планиметра. Ходъ всѣхъ этихъ осей можетъ быть регулированъ при помощи исправительныхъ винтовъ, предварительно ослабивъ мѣдные нажимательные винты и закрѣпляя ихъ вновь, когда исправленіе будетъ сдѣлано.

Поверхность сферическаго сегмента *K*, точно также, какъ и поверхность цилиндровъ должны содержаться въ чистотѣ, въ особенности — центральная часть шароваго сегмента *). Ось счетнаго валика должна имѣть свободное вращеніе; циферблатъ можетъ имѣть нѣкоторую шаткость, чтобы не задерживать движенія валика. Для удаленія пыли, которая набивается между валикомъ и его верньеромъ, всовываютъ туда маленькій кусочекъ почтовой бумаги и поворачиваютъ валикъ одинъ или два раза.

Въ случаѣ, когда шаткость оси валика слишкомъ велика, уменьшаютъ ее посредствомъ болтиковъ (см. описаніе въ главѣ V (3) стр. 18), избѣгая однако слишкомъ приблизить валикъ къ краю верньера, чтобы не возникло треніе. вмѣстѣ съ тѣмъ, промежутокъ между ними не долженъ быть **великъ**, такъ какъ это затрудняетъ производство отсчетовъ.

2) Для планиметровъ съ дискомъ.

Желая убедиться, что всѣ части находятся въ исправности, сначала приподымаютъ раму *M*, давая нѣсколько оборотовъ отжимному винту *a* и не приводятъ пока собственно планиметръ въ соприкосновеніе съ полярнымъ дискомъ *P*. Необходимо, чтобы дискъ *S* имѣлъ очень легкое вращеніе, но ось его не должна имѣть значительной шаткости въ подшипникахъ.

*) Чистка производится кускомъ мягкаго полотна.

Поддерживая полярный рычагъ *A* и сообщая диску движеніе сверху внизъ и снизу вверхъ, можно судить о величинѣ упомянутой шаткости. Вертикальная ось рычага не должна шататься; возьмите одной рукой рычагъ *A*, а другой попробуйте повернуть муфту *H* въ сторону къ *A*, если обводный шпиль останется въ покоѣ, вы увидите, что требуемое условіе выполнено. Слишкомъ большая, или слишкомъ малая шаткость горизонтальной оси рамы *M* одинаково вредна; чтобы судить объ этомъ, достаточно удерживать рычагъ на мѣстѣ и попробовать сообщить рамѣ какія нибудь маленькія общія передвиженія.

То, что было сказано въ линейномъ планиметрѣ о счетномъ валикѣ и о регулированіи хода осей, всецѣло примѣнимо къ планиметру съ дискомъ. Затѣмъ, останется только соединить инструментъ съ полярнымъ дискомъ и посмотреть — правильна-ли установка маленькаго валика, правильно-ли передается диску движеніе шпиля по плану и, наконецъ, не замѣчается-ли мертвой точки въ моментъ измѣненія направленія движенія.

3) Для компенсационнаго планиметра.

Къ компенсационному планиметру примѣнимо все, сказанное по поводу другихъ планиметровъ. **Прибавимъ** однако, что колѣно не должно имѣть малѣйшаго общаго колебанія; чтобы убѣдиться въ этомъ, нужно по закрѣпленіи нажимательныхъ винтовъ, воткнуть остріе обводнаго шпиля въ бумагу, взять съ лѣвой стороны рычагъ и потребовать пошатать его, сообщая ему **легкое** общее давленіе какъ вправо, такъ и влѣво. Если замѣтятъ при этомъ, что онъ шатается, то это значить, что шарикъ колѣна не чистъ и его должно вычистить. Можетъ быть еще, что тонкое остріе полюса слишкомъ мало выдается изъ тяжести *b*; въ такомъ случаѣ, удаляютъ тяжесть, ослабивъ предварительно зажимательный винтъ, и укорочиваютъ подпилкомъ маленькую трубочку, которая находится между тяжестью и полярнымъ рычагомъ.

Вслѣдствіе продолжительнаго употребленія или, чаще, вслѣдствіе оставленія инструмента долгое время безъ употребленія, замѣчается иногда затрудненность въ движеніи оси, что обусловливается тѣмъ, что масло въ подшипникахъ застыло и отвердѣло. Это обстоятельство не можетъ быть устранено вращеніемъ винтовъ съ выступами при болтикахъ; лучше бу-

детъ ввести посредствомъ заостренной спички маленькую каплю бензина или эссенции керосина и затѣмъ быстро вращать оси въ обѣ стороны. Сдѣлавъ это, проводятъ заостреннымъ кусочкомъ рисовальной бумаги по бокамъ концовъ оси и удаляютъ кусочкомъ стараго полотна масло, выступившее изъ подшипниковъ. Наконецъ, вновь заостренной спичкой вводятъ въ подшипники маленькую каплю часоваго масла.

Если въ результатѣ не получится правильнаго хода оси, то можно регулировать ходъ посредствомъ исправительныхъ винтовъ.

Слѣдуя даннымъ выше указаніямъ, не трудно будетъ правильно дѣйствовать любымъ планиметромъ. Намъ остается только резюмировать порядокъ дѣйствій, который одинаковъ

4) Для всѣхъ планиметровъ.

Растилаютъ листъ бумаги, на которомъ желаютъ вычислять, на ровномъ столѣ, по возможности **горизонтальномъ**. Если бумага ровная, то нѣтъ надобности ее вытягивать и можно ей, равно какъ инструменту, придать наиболѣе удобное положеніе. Понятно, что свернутые планы должны быть растянуты такъ, чтобы они плотно лежали на чертежномъ столѣ.

При употребленіи линейныхъ планиметровъ случаются иногда неизбежные переходы цилиндровъ за край плана. Въ этомъ случаѣ помѣщаютъ второй листъ бумаги такой-же толщины, край съ краемъ, такъ, чтобы цилиндры могли кататься безпрепятственно.

Та же предосторожность принимается, когда вычислитель не можетъ избѣжать выхода счетнаго валика за предѣлы бумаги плана.

Положимъ, что вычисляемая фигура начерчена въ масштабѣ $\frac{1}{500}$; для установки рычага выбираютъ число, указанное въ таблицѣ и соответствующее данному масштабу. Вообще, берутъ короткій рычагъ для мелкихъ масштабовъ ($\frac{1}{4000}$, $\frac{1}{5000}$ и т. д.) и болѣе длинный рычагъ для масштабовъ крупныхъ. Для масштаба $\frac{1}{500}$ мы беремъ въ таблицѣ число 255,1, которому соответствуетъ единица верньера равная 2 кв. метрамъ.

Соблюдая правила §§ 3 и 4 главы V-й, помѣщаютъ инструментъ наиболѣе выгодно относительно вычисляемаго участка, какъ это указываютъ чертежи отъ 9-го до 12-го на стр. 15 и 16.

Напомнимъ, что чертежи отъ 5-го до 7-го на стр. 11 и 12 указываютъ невыгодныя положенія планиметра по отношенію къ вычисляемой фигурѣ.

Затѣмъ убѣждаются предварительнымъ обводомъ фигуры, что этотъ обводъ можетъ быть сдѣланъ безъ существенныхъ затрудненій. Если дѣйствуютъ линейнымъ планиметромъ, то, прежде этого пробнаго обвода, выводятъ изъ дѣйствія ось сферическаго сегмента (посредствомъ отклоняющаго винта, стрѣлка кверху). При вычисленіи маленькихъ фигуръ на очень ровной бумагѣ, это не необходимо, но, когда вычисляютъ большія площади на бумагѣ болѣе или менѣе вытянутой, не слѣдуетъ пренебрегать этой мѣрой предосторожности, такъ какъ она даетъ возможность не утомлять непроизводительно счетный аппаратъ. Случается, что, послѣ опущенія оси сферическаго сегмента, сцѣпленіе не устанавливается тотчасъ-же; маленькія передвиженія взадъ и впередъ прибора, прежде чѣмъ начать окончательный обводъ, возстановятъ быстро сцѣпленіе.

Далѣе помѣщаютъ обводное остріе въ начальную точку обвода (на базисѣ xx) и записываютъ первый отсчетъ L_1 . Въ примѣрѣ (см. черт. 14 глава V (3) стр. 19) онъ равенъ 3455.

Затѣмъ ведутъ обводный шпиль въ сторону движенія часовой стрѣлки, точно вдоль границы участка, до тѣхъ поръ, пока не возвратятся въ начальную точку. Тамъ, удерживая на одномъ мѣстѣ обводный шпиль, дѣлаютъ второй отсчетъ L_2 , равный, положимъ, 9981. Если f величина площади соотвѣтствующей одному дѣленію, то, для обведенной площади J , мы получимъ:

$$J = (L_2 - L_1) f.$$

Взявъ $f = 2$ кв. метр., найдемъ:

$$[9981 (L_2) - 3455 (L_1)] \times 2 \text{ кв. м.} = 13052 \text{ кв. метр.}$$

Вслѣдствіе значительной шаткости циферблата въ безконечномъ винтѣ оси валика, безъ чего послѣдняя не имѣла бы свободнаго движенія, индексъ циферблата всегда не совпадаетъ съ какимъ либо его дѣленіемъ, хотя нуль верньера совпалъ съ нулемъ дѣлений валика. Начинаящимъ можно рекомендовать при этомъ обстоятельствѣ — поворачивать циферблатъ немного въ обѣ стороны, въ предѣлахъ его общей шаткости; среднее положеніе указателя непосредственно покажетъ — какой штрихъ дѣлений диска должно взять какъ первую цифру отсчета.

Кромѣ того, легко избѣжать ошибки въ 1000 единицъ верньера, соблюдая слѣдующее правило: когда нуль верньера не дошелъ до нуля, напр. на 80 или 90, нужно взять предыдущій штрихъ циферблата, если же, наоборотъ, нуль верньера прошелъ нуль валика, онъ напр. на 10 или 20, тогда штрихъ, указываемый индексомъ, представляетъ первую цифру отсчета.

Во время всего дѣйствія полюсъ P долженъ оставаться неподвижнымъ. Нужно также заботиться, чтобы рама линейнаго планиметра не измѣнилась, по той или другой причинѣ, поступательнаго движенія.

Полезно, для достиженія контроля, не довольствоваться однимъ обводомъ. Точность результата будетъ, такимъ образомъ, увеличена, а это очень важно, въ особенности для компенсационныхъ планиметровъ, въ которыхъ площадь, соответствующая одному дѣленію, обыкновенно велика. Маленькія поверхности всегда требуютъ двойнаго обвода.

Если обстоятельства позволяютъ, то лучше смотрѣть за шпилемъ по направленію той линіи, по которой онъ движется, это лучшее средство замѣтить уклоненія. Въ крутыхъ поворотахъ контура или на вершинахъ угловъ надавливаютъ шпилемъ на бумагу.

Многіе пользуются линейкой при обведеніи шпилемъ прямыхъ линій; я сомнѣваюсь, чтобы этотъ способъ давалъ большую точность или сберегалъ время. Обводя тщательно, замѣчаютъ, что слабыя уклоненія, направо и налево, въ концѣ обвода взаимно уничтожаются, такъ что онѣ не имѣютъ значительнаго вліянія на окончательный результатъ. Употребляя линейку, скорѣе рискуютъ ввести въ вычисленіе **постоянную ошибку**, не смотря на то, что обводное остріе будетъ точно помѣщено на обводимой линіи; въ самомъ дѣлѣ, обводный шпиль пружинить, сопротивляясь тому давленію, которому его подвергаютъ, чтобы вести его по линейкѣ, вслѣдствіе чего рычагъ не будетъ занимать того положенія, которое предназначено ему теоріей.

Полярными планиметрами можно вычислять очень большія поверхности, помѣщая полюсъ внутри вычисляемой фигуры; обводный и полярный рычаги совершаютъ при этомъ полный оборотъ вокругъ полюса инструмента. Полученный результатъ долженъ быть увеличенъ на постоянную величину, иначе говоря нужно принять во вниманіе поверхность заключенную внутри базиса (см. гл. V (4)).

Возьмемъ снова за первый отсчетъ $L_1 = 3455$, за второй $L_2 = 9981$. Постоянное K въ таблицѣ выражено числомъ 23154, площадь соответствующая одному дѣленію f пусть равна 2 кв. метр. Такъ какъ, площадь обведенной фигуры $J = f (K + L_2 - L_1)$, то

$$\begin{array}{r}
 K = 23154 \\
 + \text{2-й отсч.} = 9981 \\
 \hline
 \text{сумма} = 33135 \\
 - \text{1-й отсч.} = 3455 \\
 \hline
 \text{остат.} = 29680,
 \end{array}$$

умноженный на f , или 2 кв. метр. $\times 29680 = 59360$ кв. метр., выразить площадь фигуры въ квадратныхъ метрахъ. При этомъ предполагается, что обводъ былъ выполненъ въ сторону движенія часовой стрѣлки.

Если во время обвода нуля циферблата пройдетъ указатель въ положительную сторону — 9, 0, 1, ... — (или ... 48, 49, 0, 1, 2 ...), то должно прибавить къ L_2 10000 или 50000, смотря по устройству планиметра. Если, наоборотъ, нуль диска пройдетъ указатель въ сторону отрицательную ... 2, 1, 0, 9, 8 ... то должно прибавить 10000 (или 50000) къ первому отсчету L_1 . Этотъ послѣдній случай можетъ имѣть мѣсто только, когда полюсъ помѣщенъ внутри фигуры.

Понятно, что невозможно одновременно обводить фигуру и слѣдить за циферблатомъ. Чтобы не ошибаться, достаточно дѣлать въ продолженіе обвода 2 или 4 остановки, смотря по величинѣ фигуры; останавливаютъ легкимъ надавливаніемъ на остріе и замѣчаютъ положеніе диска. Возвратившись въ начальную точку, можно, при помощи ряда записей, непосредственно видѣть, прошелъ или нѣтъ нуль дѣлений.

Болѣе простое средство для не очень большихъ площадей состоитъ въ томъ, что, приступая къ обводу, подводятъ нуль циферблата къ указателю, а для этого, вращаютъ валикъ, предварительно поднявъ его надъ бумагой.

VIII. Повѣрки планиметровъ.

Прежде чѣмъ приступить къ повѣркѣ инструмента, необходимо, чтобы вычислитель зналъ его особенности, а также особенности тѣхъ частей, которыя онъ желаетъ изслѣдовать.

Поэтому, всѣмъ, желающимъ вывѣрить ихъ планиметры, мы рекомендуемъ сначала изучить главы III и VI и поупражня- няться въ изложенныхъ тамъ дѣйствіяхъ, ибо, если инструментъ самъ или въ своихъ нѣжнѣйшихъ частяхъ будетъ поврежденъ, то соблюденіе точнѣйшихъ правилъ и предписаній, изложенныхъ ниже, не поведетъ ни къ чему. Нельзя будетъ, ни получить хорошій результатъ, ни составить правильное мнѣніе о досто- инствахъ инструмента. И такъ, переходя къ нижеслѣдующимъ правиламъ повѣрокъ, мы будемъ предполагать, что все то, что было сказано на этотъ счетъ въ настоящемъ маленькомъ трактатѣ, достаточно усвоено.

Сначала знакомятся съ общимъ состояніемъ инструмента, какъ это было обстоятельно изложено въ главѣ VI.

Детальная повѣрка планиметра требуетъ большого числа обводовъ, которые, насколько это возможно, должны быть сво- бодны отъ погрѣшностей. Это послѣднее условіе можетъ быть выполнено только съ помощью механическихъ приспособленій, образецъ которыхъ мы уже видѣли въ контрольной линейкѣ (см. черт. 15. стр. 24), употребленіе которой видно на черт. 22 и 23. Контрольный дискъ, о которомъ уже говорилось, часто пред- почитается линейкѣ.

Но, даже и при употребленіи механическихъ приспособленій, погрѣшности обвода не будутъ исключены вполне, и вотъ почему: если, при обводѣ круга съ помощью контрольной линейки, да- вленіе, производимое на головку обводнаго шпилья, не соверша- ется въ направленіи касательной, шпиль, хотя онъ и не можетъ сойти съ окружности, будетъ пружинить и обводный рычагъ не будетъ занимать болѣе положенія, которое обусловлено тео- ретическимъ разсмотрѣніемъ. Это неудобство имѣетъ слѣд- ствіемъ значительныя ошибки обвода, которыя становятся очень замѣтными при вычисленіи большихъ поверхностей. Въ этомъ каждый можетъ убѣдиться опытомъ. И потому, болѣе раціо- нально нагрузить обводный шпиль и линейку маленькой тя- жестию и описывать круги ведя линейку, вмѣсто того, чтобы держаться за головку обводнаго шпилья. Контрольная линейка служитъ, такимъ образомъ, для повѣрки одинаковости резуль- татовъ цѣлаго ряда обводовъ при различныхъ положеніяхъ полюса, тогда какъ опредѣленіе окончательной длины рычага основывается на обводахъ рукою начерченныхъ фигуръ, поверх-

ность которыхъ точно извѣстна (напр. квадратовъ, которые въ послѣдствіи дѣлятся на треугольники).

Отдѣльныя повѣрки, въ постепенной ихъ послѣдовательности, суть слѣдующія:

1) Находится-ли инструментъ въ исправности (см. гл. VII).
 2) Вѣрны-ли дѣленія валика и не имѣтъ-ли онъ эксцентриситета. Для этой цѣли наблюдаютъ верньеръ на различныхъ мѣстахъ дѣленій отъ 10 до 10, вдоль всего ободка валика; штрихи 0 и десятый верньера должны одновременно совпадать съ дѣленіями валика.

3) Разности отсчетовъ ($L_2 - L_1$), полученные изъ ряда обводовъ одной и той-же фигуры, должны быть равны между собой.

Этотъ послѣдній пунктъ имѣетъ особенно важное значеніе въ компенсационныхъ планиметрахъ, иначе сказать въ инструментахъ, валикъ которыхъ движется непосредственно по плану, во 1-хъ) потому, что величина единицы верньера представляетъ довольно большую площадь, во 2-хъ) потому, что однообразіе вращенія зависитъ отъ желобковъ на краю валика и въ 3-хъ) потому, что при многократномъ обводѣ ошибки, вмѣсто компенсирования, накаплиются по мѣрѣ того, большую или меньшую часть представляетъ вращеніе отъ полного оборота счетнаго валика.

Въ планиметрахъ съ дискомъ или линейныхъ случаются отклоненія до 10 дѣленій между результатами ряда обводовъ. Эти разности маловажны и онѣ рѣдко являются самостоятельно, а скорѣе, какъ слѣдствіе неправильнаго обвода, что, какъ мы говорили выше, возможно даже при употребленіи контрольной линеечки.

Положимъ, напр., что при обводѣ круга съ радіусомъ въ 8 сантиметровъ, обводный рычагъ, вслѣдствіе пружинности обводнаго шпиля, подвергается отклоненію отъ нормальнаго положенія, всего на всего, на 0,02 миллиметра, что дастъ отклоненіе въ площади $\frac{1}{2000} = 10$ единицамъ. Такъ какъ самаго ничтожнаго давленія достаточно, чтобы погнуть обводный шпиль на 0,1 миллиметра, то я полагаю, что все сказанное — понятно.

То же самое разсужденіе примѣнимо, когда для повѣрки обводятъ два раза при помощи контрольной линеечки кругъ, сперва въ одну, а потомъ въ противоположную сторону, желая получить въ обоихъ случаяхъ одинъ и тотъ-же результатъ.

Во всякомъ случаѣ, будетъ хорошо подвергать этой повѣркѣ планиметры, чтобы судить — хорошо-ли они дѣйствуютъ. При этомъ, однако, можно требовать отъ нихъ согласія результатовъ до одной единицы верньера.

Желая узнать — даетъ-ли простой планиметръ согласные отсчеты, предпочитаютъ установку рычага для 10 кв. миллим. и радиусъ на контрольной линейкѣ въ 6 сантиметровъ. Послѣ двѣнадцати обводовъ валикъ совершить полный оборотъ. Если разность между наибольшимъ и наименьшимъ изъ результатовъ не превыситъ 2 или $2\frac{1}{2}$ единицъ верньера, то планиметръ можно считать хорошимъ. Погрѣшности увеличиваются, когда обводный кругъ близокъ къ базису.

Описавъ кругъ въ одну сторону, обводятъ его въ противоположномъ направленіи, при чемъ долженъ получиться одинъ и тотъ-же результатъ. Случайныя погрѣшности не могутъ быть исправляемы на инструментѣ; только тогда, когда онѣ превосходятъ допустимый предѣлъ, причину ихъ надо искать въ собственныхъ недостаткахъ планиметра. Или шаткость осей велика, или край валика плохо покрытъ желобками, или подшипники испорчены, или, наконецъ, испорчена ось валика.

Въ послѣднихъ двухъ случаяхъ нужно обратиться къ механику, хорошо осведомленному въ починкахъ счетнаго валика.

4) Вращеніе *и* валика должно быть тоже самое при обведеніи фигуры какъ направо, такъ и налѣво отъ базиса, иначе сказать, ось валика должна быть параллельна оси обводнаго рычага. Это условіе можетъ быть повѣрено также при помощи контрольной линейки; нужно только позаботиться, чтобы, обводимый въ двухъ положеніяхъ, кругъ не былъ слишкомъ близокъ къ базису xx^1 , въ противномъ случаѣ разности результатовъ **не будутъ зависѣть исключительно отъ невѣрной постановки оси валика.**

Фигуры 22 и 23 наглядно указываютъ способъ той повѣрки для линейнаго планиметра и планиметра съ дискомъ.

Если результатъ въ J_1 (направо отъ базиса) больше результата въ J_2 (налѣво отъ базиса), то нужно повернуть направо тотъ конецъ оси валика, который обращенъ къ обводному шпилью. Это исправленіе выполняется передвиженіемъ (собственно одной стороны) рамы, заключающей ось валика (см. описаніе этихъ планиметровъ).

Fig. 22.

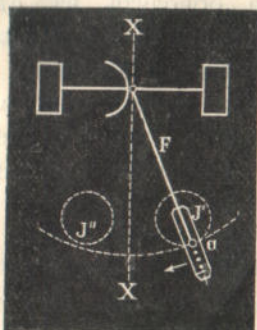
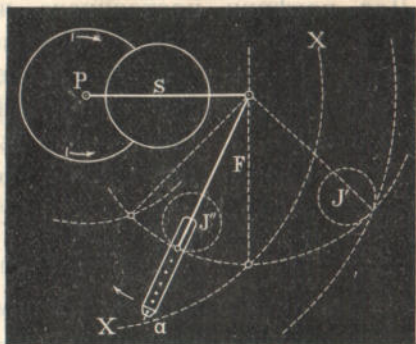


Fig. 23.



Чертежъ 18-й указываетъ какимъ образомъ эта повѣрка производится для компенсационнаго планиметра. Если въ положеніи рычага F'' (полюсь направо) получается больший результатъ, чѣмъ при положеніи F'' (полюсь направо), то должно также передвинуть вправо конецъ оси валика, обращенный къ обводному шпилью; при этомъ предполагается, что инструментъ имѣетъ соответствующія исправительныя приспособленія (см. фиг. 20). Въ противномъ случаѣ, для исключенія ошибки берутъ среднее ариѳметическое изъ результатовъ при двухъ положеніяхъ полюса или обводнаго рычага.

5) Вѣрны-ли цифры, данныя въ таблицѣ для установки обводнаго рычага, а также вѣрно-ли постоянное число планиметра (для полюса внутри фигуры).

Эта повѣрка дѣлается сначала приблизительно при помощи контрольной линейки; для этого обводятъ нѣсколько круговъ съ различными радіусами и берутъ среднее ариѳметическое изъ ряда опредѣленій. Что касается окончательной повѣрки, то она можетъ быть сдѣлана только при помощи обвода отъ руки фигуры, площадь которой должна быть опредѣлена возможно точно. Если результаты, даваемые планиметромъ, менѣе на $\frac{1}{n}$ истинной величины площади, рычагъ надо укоротить на $\frac{1}{n}$ его длины. Если планиметръ даетъ больший результатъ, то рычагъ надо удлинить. Дѣленія, выгравированныя на рычагѣ, даютъ эту длину (иначе сказать, разстояніе между остриемъ и верти-

кальною осью вращения) съ приближеніемъ, болѣе чѣмъ достаточнымъ.

Для повѣрки постояннаго числа обводять въ сторону движенія часовой стрѣлки большой квадратъ съ извѣстною площадью. Потомъ дѣлятъ площадь его J на величину f площади, соответствующей одному дѣленію, затѣмъ прибавляютъ первый отсчетъ L_1 и изъ суммы вычитаютъ второй отсчетъ L_2 ; остатокъ выразить постоянное число. Соответствующая формула имѣетъ видъ:

$$C = \frac{J}{f} + L_1 - L_2.$$

6) Въ прецизионныхъ планиметрахъ съ дискомъ можно повѣрить, получаютъ-ли одни и тѣ-же результаты при обведеніи одной и той же фигуры нѣсколько разъ, когда валикъ r занимаетъ послѣдовательно различныя положенія на периметрѣ диска P (фиг. 23) и когда дискъ S останавливается между двумя мѣтками полярнаго диска.

IX. Какъ вычислить при помощи дѣленій, награвированныхъ на рычагѣ, длину его и точную установку.

Для нахождения вычисленіемъ установки рычага, не указанной въ таблицѣ, или для опредѣленія длины рычага служатъ, какъ очень удобное вспомогательное средство, его дѣленія *).

Пусть a ближайшая большая, и a_1 ближайшая меньшая установка, данныя въ таблицѣ, f^0 и f^0_1 , соответствующія имъ площади, одного дѣленія въ кв. миллиметрахъ, a_2 — требуемая установка, которой соответствуетъ площадь f^0_2 , и F длина рычага для площади $f^0 - f^0_2$.

Тогда мы имѣемъ пропорцію

$$\frac{a - a_1}{F} = \frac{f^0 - f^0_1}{f^0 - f^0_2},$$

отсюда

$$F = \frac{(a - a_1) (f^0 - f^0_2)}{f^0 - f^0_1} \dots \dots \dots (1)$$

и, наконецъ,

$$a_2 = a - F.$$

*) См. статью Лорбера въ Zeitschrift für Vermessungswesen за 1883 г. № 17.

Примѣръ: пусть $a = 320,9$, $f^0 = 10$ кв. милл., $a_1 = 128,5$, $f^0_1 = 4$ кв. милл.; требуется найти установку a_2 , соответствующую $f^0_2 = 3,2$ кв. милл.

По формулѣ (1) имѣемъ:

$$F = \frac{(320,9 - 128,5)(10 - 3,2)}{10 - 4} = 218,05$$

и

$$a_2 = a - F = 320,9 - 218,05 = 102,85.$$

Прежде чѣмъ дѣйствовать инструментомъ полезно повѣрить правильность новой установки путемъ обвода фигуры съ извѣстной площадью.

Таблица

сравнительныхъ достоинствъ новѣйшихъ планиметровъ Кориди.

Родъ планиметра	Длина обводнаго рычага		Величина единицы верньера		Наиб. вел. площ. ктр. мож. быть обв. сразу		Точн. одного обвода контр. линейкой круга радиуса	
	maxim. снтм.	minim. снтм.	maxim.	minim.	высота	ширина	10 снтм.	2 снтм.
Большой линейный планиметръ	25	8	1	0,4	произв.	25	$\frac{1}{5000}$	$\frac{1}{500}$
тоже съ надставк.	50	—	2	—	„	50	$\frac{1}{2500}$	—
Малый линейный планиметръ	20	5	0,8	0,32	„	20	$\frac{1}{5000}$	$\frac{1}{500}$
тоже съ надставк.	40	—	1,5	—	„	40	$\frac{1}{2500}$	—
Планиметръ съ дискомъ	30	7,5	2	0,5	25	20	$\frac{1}{4000}$	$\frac{1}{500}$
Компенсаціонный планиметръ fig. 20	16	3,2	10	2	25	25	} $\frac{1}{2000}$	$\frac{1}{125}$
планиметръ fig. 21	16	10	10	6,25	25	25		

Проектная организация по установке и ремонту прибора
 + на сумму 100 руб. (100 руб.)
 ...
 ...
 ...

Таблица

... **Таблица** ...

...
			
...	10	10	10	10	10
...	10	10	10	10	10
...	10	10	10	10	10
...	10	10	10	10	10
...	10	10	10	10	10
...	10	10	10	10	10

...

20 20

20
50w

20

Типогр. Галевский и Дау, Варшава.