

КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНІЕ ПРИНЦИПА
ЖИРОСКОПИЧЕСКИХЪ КОМПАСОВЪ

и описаніе

ЖИРОСКОПИЧЕСКАГО КОМПАСА СПЕРРИ.

(Commander L. M. Nulton, U. S. Navy).

Перевелъ Б. Кудревичъ.

ПЕТРОГРАДЪ.

Типографія Морского Министерства, въ Главномъ Адмиралтействѣ.

1916.

Печатано по распоряженію Главнаго гидрографическаго управленія.

(Отд. оттискъ изъ „Записокъ по Гидрографіи“ т. XL, вып. 1).

Краткое изложение принципа жиро­скопических компасовъ и описаніе жиро­скопическаго компаса Сперри.

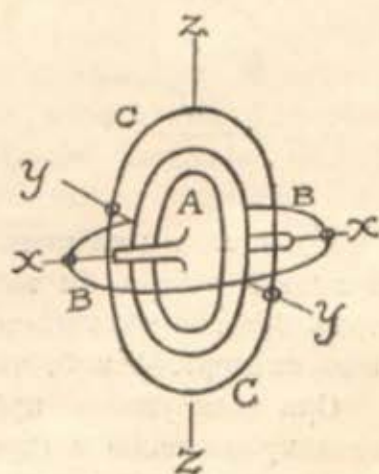
(Commander L. M. Nulton, U. S. Navy) ¹⁾.

Во время моего командованія кораблемъ «Montana», на немъ былъ установленъ жиро­скопическій компасъ Сперри. Будучи первоначально незнакомъ съ основными принципами дѣйствія этого прибора, я составилъ затѣмъ настоящую замѣтку, которая была необходима мнѣ, какъ командиру судна, ибо изложенія этого вопроса въ подобной формѣ я не могъ найти въ печати. Статья эта представляетъ мои собственныя замѣтки и имѣетъ цѣлью дать понятіе лишь о принципахъ дѣйствія прибора.

Въ своемъ обычномъ опредѣленіи жиро­скопъ представляетъ приборъ, служащій для иллюстрированія законовъ вращенія и состоитъ, главнымъ образомъ, изъ тяжелаго вращающагося диска, ось коего можетъ принимать любое направленіе; на это колесо могутъ дѣйствовать внѣшнія пары силъ.

Такой приборъ изображенъ на черт. 1.

Жиро­скопическое колесо *A* можетъ вращаться вокругъ своей оси *xx*, поддерживаемой рамой *BB*. Въ то же время рама *BB* можетъ вращаться вокругъ



Черт. 1.

¹⁾ «U. S. Naval Instit. Proceed». 1915, Sept.-Oct.

оси yy , поддерживаемой рамой CC . Рама CC может вращаться вокруг оси xx . Такое устройство позволяет оси вращения, xx , гироскопа поворачиваться и принимать въ пространствѣ любое направление.

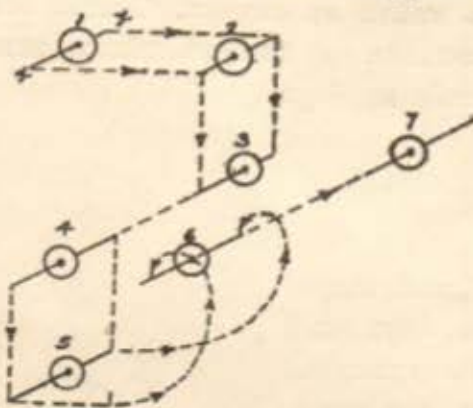
Гироскопическое колесо A обнаруживаетъ нѣкоторыя особыя свойства.

Предположимъ, на примѣръ, что оно вращается вокругъ своей оси xx и, пока оно вращается, вынемъ его изъ оправы, держа между большимъ и указательнымъ пальцами, какъ показано на черт. 2. Мы можемъ двигать колесо въ пространствѣ въ любомъ направленіи, и пока ось его xx , будетъ оставаться параллельной своему первоначальному положенію и пока колесо вращается, не будетъ замѣтно никакихъ особыхъ явленій.

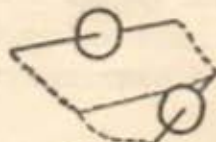


Черт. 2.

На примѣръ, во время вращенія колеса, его ось можно послѣдовательно переносить въ положенія 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, какъ на черт. 3,—и пока при этомъ движеніи ось вращающагося колеса будетъ переноситься *въ пространствѣ параллельно самой себѣ*, не обнаружится особыхъ явленій.



Черт. 3.



Черт. 4.



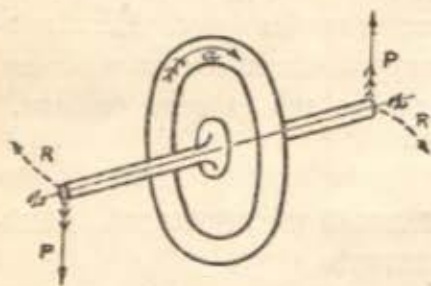
Черт. 5.

Но, если мы начнемъ вращающееся колесо перемѣщать въ пространствѣ какимъ бы то ни было способомъ, т. е. такъ, что при этомъ будетъ имѣть мѣсто и вращеніе самой оси, какъ это изображено на черт. 4 и 5, то обнаружатся любопытныя результаты.

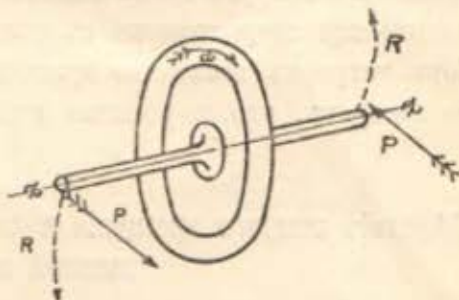
Они обнаружатся прежде всего *сопротивленіемъ* этому вращательному движенію и страннымъ вращеніемъ и наклоненіемъ колеса и его оси xx . Сопротивленіе это и сопровождающее его вращеніе слѣдуютъ опредѣленнымъ законамъ и заключаютъ въ себѣ сущность гироскопа и гироскопическаго компаса.

Явленіе прецессіи.

Предположимъ (черт. 6), что въ то время, какъ дискъ вращается въ направленіи, указываемомъ стрѣлкой a , мы произведемъ легкое давленіе на каждый изъ концовъ оси вращенія xx , чтобы наклонить ось парю силъ PP . Результатъ получается удивительный, такъ какъ ось волчка xx , оказываеъ сопротивленіе ея наклоненію и стремится уйти по направленію R , *перпендикулярному къ плоскости*



Черт. 6.



Черт. 7.

дѣйствія пары PP , стремящейся наклонить ее. Предположимъ (черт. 7), что мы приложили пару, стремящуюся вращать ось xx , какъ показано стрѣлками PP . Что получится? Вновь получается странное явленіе ось xx будетъ сопротивляться вращенію, которое должна была бы создать пара PP , и сразу начнетъ наклоняться въ вертикальной плоскости въ направленіи RR , *перпендикулярномъ къ плоскости пары PP* . Такой эффектъ во вращающемся жирокопѣ всегда является слѣдствіемъ, именно, указанной причины и, наоборотъ, эта причина всегда производитъ вышеуказанный эффектъ—на этомъ явленіи и основанъ жирокопическій компасъ.

Для лица, имѣющаго дѣло лишь съ прикладными знаніями, нѣтъ необходимости понимать математическія основанія жирокопическихъ явленій; ему нужно лишь помнить, что физическое явленіе появляется здѣсь, какъ причина и слѣдствіе.

Движеніе оси волчка, xx , въ плоскости перпендикулярной къ плоскости приложенной къ оси пары, называется «прецессіоннымъ движеніемъ» или «прецессіей». Приложеніе пары, какъ говорить, заставляетъ вращающееся колесо «прецессировать».

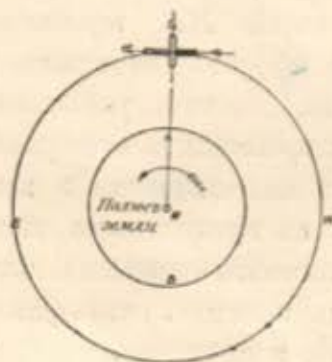
Каково бы ни было исходное положеніе оси вращенія въ пространствѣ—горизонтальное, вертикальное или наклонное—*соотношеніе между направленіями прецессіи и производящей ея пары* остаются всегда тѣми же самими.

Обращаясь снова къ черт. 3, вспомнимъ, что перемѣщеніе оси вращенія xx , параллельно самой себѣ въ пространствѣ не вызываетъ прецессіи. Наоборотъ, если на гироскопическую систему (черт. 1) не дѣйствуютъ внѣшнія силы, стремящіяся произвести прецессию, то ось вращенія всегда указываетъ по тому же самому направленію *въ пространство*, т. е. останется въ пространствѣ параллельной самой себѣ.

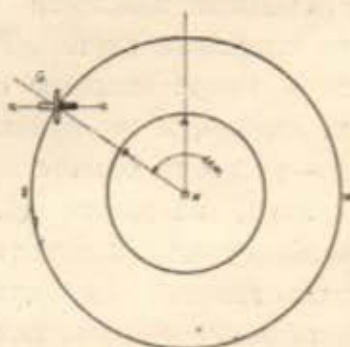
Гироскопъ, подвѣшенный такимъ образомъ, чтобы онъ могъ вращаться вокругъ трехъ такихъ осей, какъ xx , yy и zz (фиг. 1), называется гироскопомъ съ тремя степенями свободы. Если приборъ устроенъ такъ, что вращеніе вокругъ одной оси уничтожено, то говорятъ, что гироскопъ имѣетъ только двѣ степени свободы.

Дѣйствіе земного вращенія и силы тяжести на гироскопъ, помѣщенный на экваторѣ.

Пусть на черт. 8, AB представляетъ землю, если смотрѣть на нее со стороны сѣвернаго полюса. Пусть G представляетъ гироскопъ, вращающійся подъ экваторомъ и участвующій въ суточномъ вращеніи земли; ось его, xx , пусть будетъ горизонтальна и направлена съ востока на западъ; условимся, что гироскопъ находится отъ земли такъ далеко, что на него не вліяетъ сила тяжести.



Черт. 8.



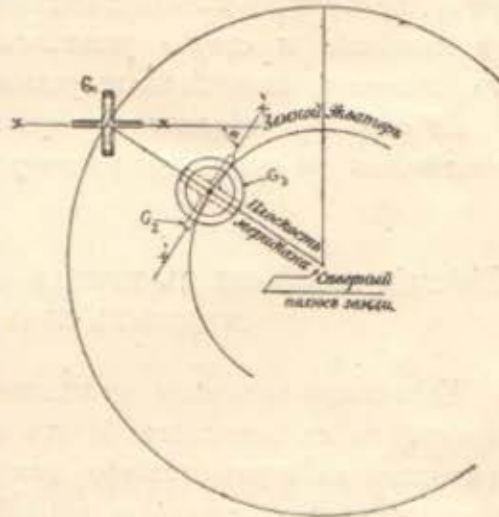
Черт. 9.

Спустя нѣкоторое время земля повернется на нѣкоторый уголъ, и гироскопъ будетъ перенесенъ въ положеніе G (черт. 9); если при этомъ гироскопъ обладаетъ тремя степенями свободы, т. е. свободно можетъ вращаться во всѣхъ направленіяхъ въ пространствѣ, то ось его вращенія xx , не будетъ теперь горизонтальна по отношенію къ поверхности земли; взаимное расположеніе будетъ такимъ,

какъ оно изображено въ точкѣ G , на черт. 9; ось жирокопа будетъ сохранять въ пространствѣ свою параллельность первоначальному положенію въ точкѣ G на черт. 8. При такомъ условіи не будетъ происходить явленія прецессіи.

Предположимъ теперь, черт. 10, что жирокопъ приблизился къ центру земли, двигаясь вдоль радіуса.

По мѣрѣ приближенія къ поверхности земли, сила тяжести, — въ силу особаго устройства прибора, — начинаетъ дѣйствовать на жирокопическій компасъ, стремясь привести ось вращенія его, xx , въ горизонтальное (по отношенію къ поверхности земли) положеніе $x'x'$, т. е. наклонить эту ось на уголъ θ . Вспоминая разборъ черт. 6 и 7, мы видимъ, что вращеніе оси xx въ положеніе $x'x'$ будетъ вызывать прецессію этой оси, такъ что окончательно жиро приметъ положеніе G_3 , при которомъ плоскость вращенія колеса будетъ совпадать съ плоскостью экватора; при этомъ ось вращенія расположится въ вертикальной плоскости данного мѣста, проходящей черезъ земную ось, т. е. ось вращающагося колеса расположится въ плоскости меридіана и будетъ указывать истинный сѣверъ и югъ.



Черт. 10.

Пока сила тяжести будетъ дѣйствовать такимъ образомъ, чтобы наклонять ось вращенія жиро, сохраняя ее горизонтальной къ поверхности земли и пока на него не подѣйствуетъ какая-нибудь новая сила, стремящаяся вывести его изъ плоскости меридіана, до тѣхъ поръ прецессія, являющаяся результатомъ этого и земного вращенія, будетъ заставлять ось вращающагося жирокопа указывать истинный сѣверъ. Къ этой оси можно прикрѣпить компасную картушку, и она будетъ показывать истинные курсы.

Пока сила тяжести будетъ дѣйствовать такимъ образомъ, чтобы наклонять ось вращенія жиро, сохраняя ее горизонтальной къ поверхности земли и пока на него не подѣйствуетъ какая-нибудь новая сила, стремящаяся вывести его изъ плоскости меридіана, до тѣхъ поръ прецессія, являющаяся результатомъ этого и земного вращенія, будетъ заставлять ось вращающагося жирокопа указывать истинный сѣверъ. Къ этой оси можно прикрѣпить компасную картушку, и она будетъ показывать истинные курсы.

Колебаніе. — Затуханіе.

Масса жирокопическаго диска обладаетъ инерціей и, когда онъ придетъ изъ положенія G_2 въ положеніе G_3 , его инерція будетъ заставлять ось xx выйти изъ горизонтальнаго положенія и

плоскости меридіана. Затѣмъ начнется обратный процессъ, и когда ось, xx , придетъ назадъ въ плоскость меридіана, она опять пройдетъ черезъ него. Явленіе это, если его не уничтожить, будетъ продолжаться очень долго, пока колебанія не исчезнутъ окончательно, и силы не придутъ въ равновѣсіе.

На практикѣ, чтобы на жирокопѣ примѣнить компасную картушку, прибѣгаютъ къ механическимъ способамъ, ограничивающимъ это колебаніе и скорѣе устанавливающимъ равновѣсіе системы, что называется введеніемъ затуханій.

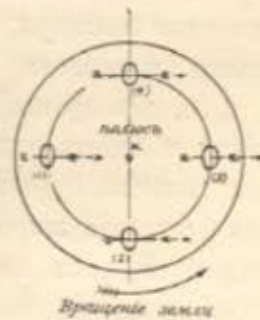
Во всемъ предыдущемъ мы предполагали, что жирокопъ былъ установленъ на сушѣ подъ экваторомъ.

Дѣйствіе жирокопа въ точкахъ земной поверхности, не расположенныхъ подъ экваторомъ.

Если жиро находится на нѣкоторой параллели, а не подъ экваторомъ, то сила тяжести будетъ заставлять ось жирокопа снова приходить въ горизонтальное положеніе по отношенію къ земной поверхности и въ плоскость меридіана, т. е. указывать сѣверъ и югъ, подобно тому, какъ это было разобрано на черт. 8, 9 и 10. Для иллюстраціи возьмемъ жиро съ тремя степенями свободы въ



Черт. 11.



Черт. 12.

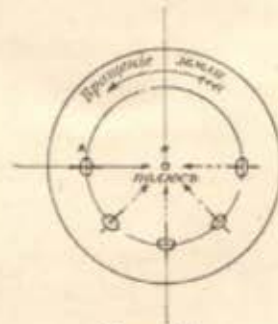
точкѣ A , черт. 13, и пусть на него не дѣйствуетъ сила тяжести. Тогда при вращеніи земли, ось вращенія жирокопа, xx , при сдѣланномъ условіи, будетъ двигаться въ пространствѣ параллельно самой себѣ, какъ это изображено на ея послѣдовательныхъ положеніяхъ 1, 2, 3, 4 на черт. 11 и 12.

Какъ бы то ни было, какъ показываетъ опытъ, подъ дѣйствіемъ силы тяжести, жиро не придетъ своею осью xx въ положеніе 3, изображенное на черт. 11; его ось вращенія будетъ, благодаря

дѣйствию силы тяжести, сохранять горизонтальность по отношенію къ земной поверхности и придеть въ положеніе 3, изображенное на черт. 15. За то время, пока ось xx перейдетъ изъ положенія 1 (см. черт. 13) въ положеніе 3, она наклонится въ нашемъ примѣрѣ на уголъ въ 83° . Это наклоненіе будетъ происходить послѣдова-



Черт. 13.



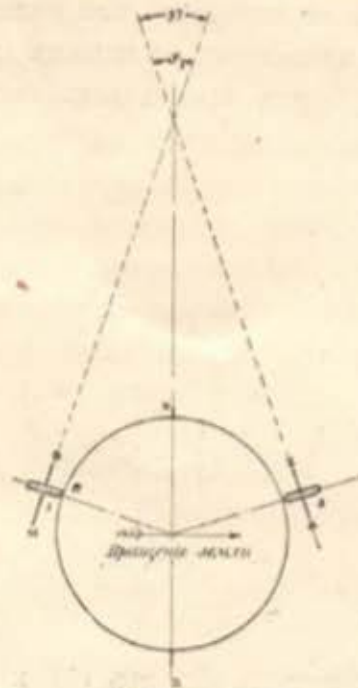
Черт. 14.

тельно и непрерывно во время передвиженія изъ (1) къ (3), и будетъ создавать непрерывную «прецессию», стремящуюся держать ось вращенія въ плоскости меридіана, т. е. указывающей истинный сѣверъ, какъ показано на черт. 14.

Дальнѣйшія разсмотрѣнія вліянія широты.

Предположимъ, что жирокопъ установленъ не подъ широтою A , какъ на черт. 13, а подъ широтою B или C , какъ соотвѣтственно показано на черт. 15 и 16. Разсмотрѣніе чертежей покажетъ, что уголъ φ , на который ось вращенія, xx , должна наклониться, чтобы оставаться горизонтальной по отношенію къ земной поверхности, будетъ меньше для широты B и больше для широты C , чѣмъ это имѣло мѣсто для широты A . Кромѣ того, такъ какъ земля вращается сама вокругъ оси, дѣлая оборотъ въ 24 часа, то жиро требуетъ одно и то же время, т. е. 12 часовъ, чтобы перенестись изъ положенія (1) въ положеніе (3), независимо отъ того, находится ли онъ подъ широтою A , B или C . Но за это время одна ось вращенія наклонится на уголъ φ_1° , другая — на уголъ φ_2° , третья на уголъ φ_3° , каждый изъ конхъ отличенъ отъ другого и зависитъ отъ широты. Такимъ образомъ, величина наклоненія оси xx

должна измѣняться отъ одной широты къ другой и, т. к. прецессія является слѣдствіемъ этого наклоненія, каждая широта должна



Черт. 15.

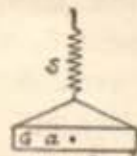


Черт. 16.

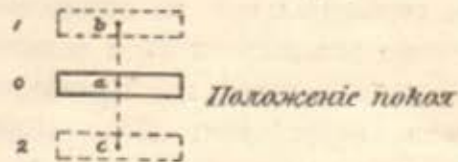
имѣть собственную величину наклоненія и результирующую величину прецессіи, для того, чтобы ось жиро могла оставаться въ плоскости меридіана, т. е. постоянно указывать истинный сѣверъ.

Затуханіе.

Предположимъ (черт. 17), G представляетъ грузъ, спокойно висящій на пружинѣ S . Предположимъ, этотъ грузъ поднять рукою до положенія 1 (черт. 18) и тамъ внезапно пущенъ. Подъ влія-



Черт. 17.



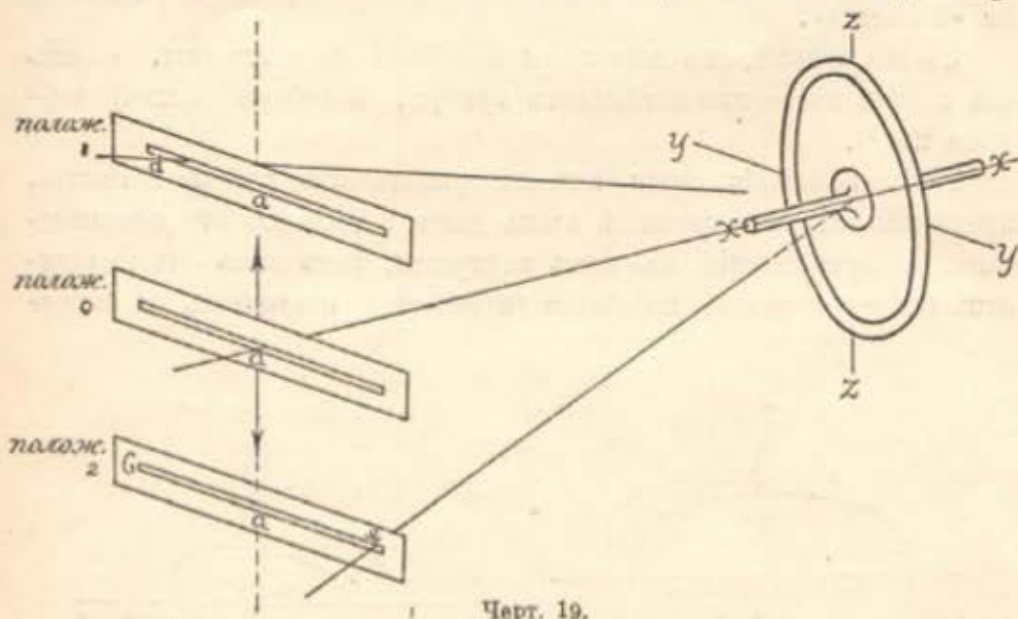
Черт. 18.

ніемъ силы тяжести, грузъ будетъ падать изъ (1) въ свое первоначальное положеніе покоя, но, когда придетъ въ него, онъ не остановится, а пройдетъ до положенія (2). Здѣсь грузъ остановится и начнетъ двигаться вверхъ къ 0, но снова по инерціи пройдетъ

через 0 и будет продолжать движение въ (1). Такимъ образомъ, мы будемъ имѣть цѣлый рядъ колебаній G , и при нѣкоторомъ подборѣ значеній массы G , длины и другихъ характеристикъ пружины, можетъ случиться, что колебанія G будутъ продолжаться очень долго, если не ограничить ихъ или «потушить» приложеніемъ нѣкоторой внѣшней силы.

При условіяхъ черт. 18, путь, проходимый нѣкоторой точкой a груза G , будетъ представлять вертикальную прямую bc .

Пусть теперь (черт. 19) въ G вырѣзана щель и въ нее вставленъ одинъ конецъ оси, xx , вращающагося гироскопа, какъ это изображено въ точкѣ a въ положеніи 0, черт. 19. Допустимъ, что мы заставили G колебаться такъ же точно, какъ описано для черт.



Черт. 19.

тежа 18. Подниманіе и опусканіе G въ вертикальной плоскости заставляеть xx подниматься и опускаться (наклоняться) вмѣстѣ съ нимъ; но вспоминая принципъ прецессіи, объясненный на черт. 6, мы увидимъ, что xx будетъ не только подниматься и опускаться вмѣстѣ съ G , но будетъ прецессировать направо и налѣво, какъ изображено въ положеніяхъ (1) и (2) черт. 19, такъ что, когда конецъ xx будетъ двигаться вертикальнымъ колебаніемъ отъ b до c (черт. 18), онъ будетъ имѣть также и горизонтальное колебаніе (отклоненіе de — черт. 19). Такимъ образомъ, точка, находящаяся на концѣ оси волчка, xx , колеблясь одновременно въ вертикальномъ и горизонтальномъ направленіяхъ, опишетъ въ результатѣ путь, который, вообще говоря, будетъ эллипсомъ.

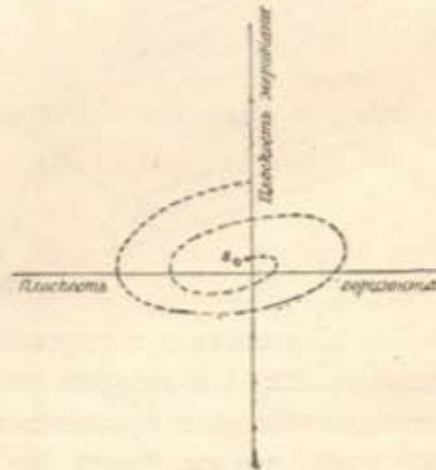
Внимательное изучение чертежей 13—16 вмѣстѣ съ относящимся къ нимъ текстомъ показало, что пара силы тяжести (сила тяжести) постоянно наклоняетъ ось волчка, xx , такъ, чтобы удерживать ее въ горизонтальной плоскости. Такимъ образомъ, инерція массы жиро стремится заставить xx придти въ горизонтальную плоскость, подобно тому, какъ G на черт. 18 принуждено проходить черезъ свое центральное положеніе и, когда это положеніе будетъ пройдено, сила тяжести заставляетъ возвращаться къ нему. Такимъ же образомъ, въ дѣйствительности, во вращающемся жиро-скопѣ могутъ быть нѣкоторыя вертикальныя колебанія и соответственная прецессія, какъ указано на черт. 19, и эти колебанія будутъ продолжаться очень долго, если ихъ не уничтожить или не «погасить».

Въ жиро-скопѣ, въ коемъ эти колебанія не погашены, конецъ оси волчка постоянно описываетъ кривую, подобную кривой чертежа 20¹⁾.

Такія колебанія, если ихъ не уничтожить или не погасить, продолжаются въ жиро-скопѣ очень долго и дѣлаютъ его непригоднымъ для укрѣпленія на немъ картушки, такъ какъ она находилась бы все время въ колебаніи (прецессіи), отклоняясь на значи-



Черт. 20.



Черт. 21.

тельную величину то въ ту, то въ другую сторону отъ меридіана, и ошибка въ указаніи такого компаса все время мѣнялась бы.

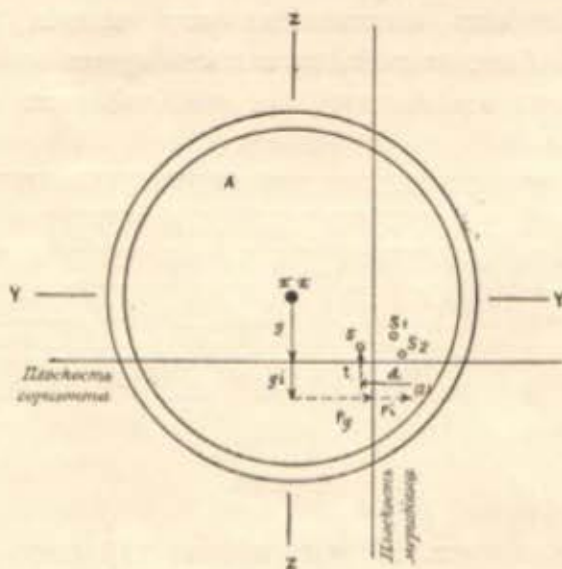
Поэтому, прежде чѣмъ воспользоваться жиро-скопомъ для установки на немъ компасной картушки, нужно устроить то или иное механическое приспособленіе для погашенія колебаній.

¹⁾ Вычерчена жиро-скопомъ для жины.

Ось жиро, не имѣющаго затуханія, все время пока на нее дѣйствуетъ сила тяжести и земное вращеніе, будетъ описывать кривую, изображенную на черт. 20; когда же этотъ компасъ имѣетъ приложенную къ нему силу затуханія, его колебанія становятся все меньше и меньше, и ось устанавливается, наконецъ, въ нѣкоторой точкѣ S (положеніи равновѣсія), въ которой она и остается, практически, постоянно для даннаго мѣста (широты). См. черт. 21.

Объясненіе принципа примѣненія пары силъ затуханія.

Пусть на черт. 22 A представляетъ гироскопическое колесо съ обычными обозначеніями осей yy , zz и осью вращенія xx . Пусть горизонтальная и вертикальная плоскость, совпадающая съ меридіаномъ, будутъ расположены, какъ указано на чертежѣ. Предпо-

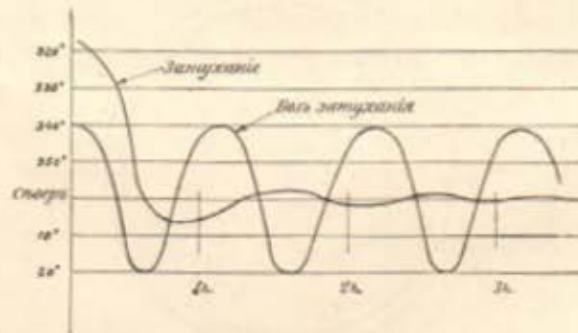


Черт. 22.

ложимъ, что xx наклонятся внизъ подъ вліяніемъ силы тяжести на величину g . Пусть g_i представляетъ продолженіе наклоненія подъ плоскость горизонта, въ виду инерціи колеса A . Получающаяся въ результатѣ прецессія вокругъ оси zz , обусловливаемая наклоненіемъ $g + g_i$, будетъ $rg + r_i$, какъ показано на чертежѣ, и конецъ xx будетъ стремиться занять положеніе (2). Предположимъ, что когда конецъ xx приближается къ меридіану и стремится перейти его, чтобы прійти въ положеніе (2), мы съ нѣкоторою силою сообщимъ ему вращеніе вокругъ оси zz въ обратномъ направленіи,

прилагая внешнюю пару или силу d . Это вращение колеса A силою d вокруг оси xx вызовет вращение оси xx вокруг yy (величина отклонения t указана на чертежѣ) и въ результатѣ получится, что, подѣ вліаніемъ совокупнаго дѣйствія силы тяжести и силъ затуханія, ось колеса установится въ некоторой точкѣ S (называемой точкой равновѣсія), которая въ надлежаще сконструированномъ и работающемъ приборѣ находится очень близко отъ меридіана. Въ зависимости отъ введенныхъ условий и направленій силъ, S будетъ находится подѣ или надѣ плоскостью горизонта, на востокѣ или на западѣ отъ меридіана, но всегда очень близко отъ точки сѣвера, если силы тяжести и затуханія дѣйствуютъ, какъ описано выше.

Въ прежнихъ нѣмецкихъ компасахъ сила или пара затуханія состояла въ дѣйствіи струи воздуха, стремящейся повернуть колесо A вокругъ оси xx ; въ компасахъ Сперри подобный эффектъ производится особымъ соединеніемъ или эксцентрическимъ подшипникомъ. Вообще, *въ каждомъ компасѣ нужно ввести затуханіе, если его желаютъ использовать для навигаціонныхъ цѣлей* ¹⁾.



Черт. 23.

Діаграммы (на черт. 23) показываютъ характеръ кривыхъ погашеннаго и не погашеннаго колебаній въ жирокопическомъ компасѣ.

¹⁾ Нижеслѣдующе объясненіе дѣйствія затуханія дано Н. Л. Таллер'омъ членомъ «Spreng Gyrocompass Co.»:

«Такъ какъ соединеніе между маятникомъ и жирокопической камерой эксцентрическое (см. e , черт. 25), то вращеніе, приложенное къ жирокопической камерѣ, наклоняется къ горизонталѣ на уголъ, равный углу эксцентричности вышеуказаннаго присоединенія. Это вызываетъ прецессию вокругъ линіи, наклоненной на ту же величину къ вертикали, т. е. вокругъ линіи, проходящей черезъ эксцентрическое соединеніе и центръ колеса. Прецессию эту можно разложить на двѣ составляющія,—одну въ горизонтальной и другую въ вертикальной плоскости, и всегда мы найдемъ, что слагающая въ вертикальной плоскости направлена такъ, чтобы уменьшать уголъ наклоненія оси колеса.»

На черт. 13, 15 и 16 показано, что ось вращения жирокопа наклонялась соответственно на 37° , 83° и 108° и что въ каждомъ случаѣ требовалось для этого то же самое время, именно, 12 часовъ. Степень наклоненія въ каждомъ случаѣ будетъ, соответственно, $3^\circ 0$, $6^\circ 9$ и $9^\circ 0$ за часъ, т. е. различной для каждаго значенія широты. Говоря иначе, каждой широтѣ соответствуетъ опредѣленная степень наклоненія и *результатирующая прецессія*, чтобы поворачивать ось, *xx*, въ меридианъ и держать компасъ, указывающимъ на истинный сѣверъ.

Принимая это во вниманіе, мы видимъ, что *d* (черт. 22) должна уравнивать процессію, величина которой измѣняется съ измѣненіемъ широты; если же это уравниваніе не будетъ совершенно точнымъ для каждой широты, компасъ будетъ мѣнять положеніе своего равновѣсія, *S*, въ зависимости отъ широты, такъ что, если подъ одной широтой онъ устанавливается въ *S*, въ другихъ широтахъ онъ будетъ устанавливаться въ *S*₁ или *S*₂. Это уравниваніе при теперешней конструкціи компаса выполнять очень трудно.

На практикѣ обыкновенно конструируютъ компасъ точно балансируемымъ или вывѣреннымъ для данной широты, а затѣмъ вычисляютъ величину ошибки точекъ равновѣсія (по отношенію къ меридиану) для другихъ широтъ и дѣлаютъ поправки на нихъ передвиженіемъ кольца съ курсовыми черточками. Въ нѣмецкомъ компасѣ это достигается отпусканіемъ пары винтовъ и перемѣщеніемъ пластинки съ сдѣланной на ней курсовой чертой. Въ компасахъ Сперри подобный результатъ получается особымъ механизмомъ, описаннымъ ниже.

Нѣмецкія компасы 1910 года всѣ были вывѣрены для средней широты 50° N. При переходѣ къ другимъ широтамъ ошибки, вызываемыя измѣненіемъ широты, исправлялись въ каждомъ случаѣ перемѣщеніемъ курсовой черты; онѣ даются въ нижеслѣдующей таблицѣ:

Для компаса, урегулированнаго для 50° N.

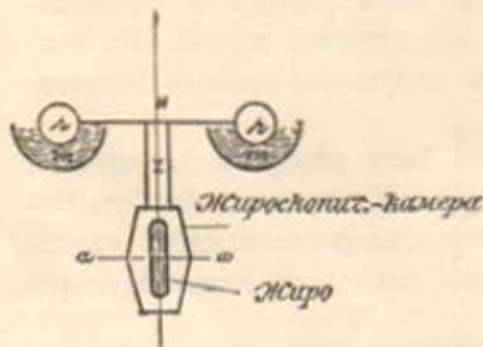
Широта мѣста.	Ошибка, которую нужно исправить перемѣщеніемъ курсвой черты (нѣмецкій компасъ).
60° N	$0^\circ 36'$ къ востоку
50° N	нѣтъ, ибо компасъ предназначенъ для этой широты.

Широта мѣста.	Ошибка, которую нужно исправить перемѣщеніемъ курсовой черты (нѣмецкій компасъ).
40° N	0°30' къ западу
20° N	1°06' •
0°	1°36' •
20° S	2°06' •
40° S	2°42' •
60° S	3°48' •

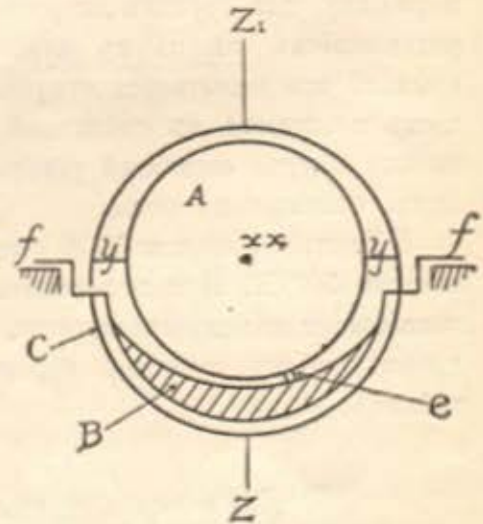
Способъ приложенія пары силы тяжести въ жирокопическомъ компасѣ для удерживанія оси вращенія xx , въ горизонтальной плоскости.

Въ настоящей работѣ очень часто повторялось выраженіе: «сила тяжести удерживаетъ ось вращенія въ горизонтальной плоскости». (См. черт. 10, 15, 17, 18 и 24). Сила тяжести примѣняется для этого такимъ образомъ:

Въ нѣмецкомъ компасѣ 1910 года камера содержащая жирокопическое колесо, подвѣшена на полѣ круговомъ кольцѣ, ff , плавающемъ въ ваннѣ со ртутью mm . Жирокопическая камера



Черт. 24.



Черт. 25.

прочна соединена съ ff при помощи H и Z и, такъ какъ ff плаваетъ горизонтально на поверхности ртути подъ каждой широтою, то xx , въ силу конструкціи, принуждена подъ каждой широтою оставаться также горизонтальной.

Въ компасѣ Сперри подобный результатъ получается при помощи иного устройства.

На черт. 25, A представляетъ камеру, заключающую въ себѣ жирокопическое колесо; xx его ось вращения; тамъ же показаны горизонтальная и вертикальная оси, yy и zz . Между кольцомъ C и жирокопической камерой A находится грузъ B (называемый маятникомъ), подвѣшенный въ точкахъ ff внѣ, собственно, жирокопической системы. Подъ вліяніемъ силы тяжести этотъ грузъ виситъ въ вертикальной плоскости, проходящей черезъ ff , какова бы ни была широта мѣста. Между камерой A и маятникомъ B въ точкѣ e имѣется соединительный штифтъ или подшипникъ.

Маятникъ B всегда виситъ въ вертикальной плоскости, а плоскость жирокопического колеса A стремится сохранить свое положеніе въ пространствѣ во время вращения земли и отдѣлиться отъ B . Соединенія, e , препятствуетъ этому, въ виду чего сила тяжести, дѣйствуя въсомъ B черезъ e , постоянно стремится сохранить плоскость вращающагося колеса, A , вертикальной, а его ось горизонтальной.

Пара затуханія.

Изученіе черт. 25 показываетъ, что, когда A и B стремятся отдѣлиться, жирокопическое колесо не только вращается вокругъ оси yy , но, если e установлено сбоку отъ оси zz , то A получитъ отъ B черезъ e вращеніе вокругъ zz . Это введетъ силу затуханія d , какъ объяснено на черт. 22. Въ этомъ компасѣ e , изображенное на черт. 24, называется «эксцентрическимъ подшипникомъ».

Сопоставленіе предыдущаго.

Все до сихъ поръ изложенное, относится къ компасу, установленному на неподвижномъ основаніи, на сушѣ. Перечислимъ полученные результаты:

1. Ось жирокопа, обладающаго тремя степенями свободы, стремится сохранить неизмѣнность своего направленія *въ пространствѣ*, если на нее не дѣйствуетъ какая-нибудь внѣшняя сила.

2. Въ жирокопическомъ компасѣ тенденція, указанная въ пунктѣ 1, непрерывно уничтожается механическимъ приложеніемъ

силы тяжести, стремящейся приводить ось вращающагося колеса въ горизонтальное положеніе.

3. Сообщаемое стремленіе, указанное въ пунктѣ 2, заставляеть ось наклоняться, и это наклоненіе превращается въ прецессию, стремящуюся заставить ось вращенія жирокопа всегда лежать въ плоскости меридіана, т. е. всегда указывать на истинный сѣверъ.

4. Вслѣдствіе инерціи жирокопическаго колеса, вышеуказанныя причины, соединяясь вмѣстѣ, производятъ его колебанія, дѣлающія его не примѣнимымъ для прикрѣпленія къ нему компасной вартушки, если эти колебанія не ограничить или не погасить.

5. Погашеніе колебаній является непремѣннымъ требованіемъ для осуществленія жирокопическаго компаса.

6. Можно построить компасъ, который будетъ давать правильныя показанія для данной широты, но подъ другою широтою, его показанія будутъ неправильныя.

7. Ошибка подъ какою-нибудь широтою, иной чѣмъ та, для которой былъ предназначенъ компасъ, принимается во вниманіе передвиженіемъ нулевой точки (кольца съ курсовыми черточками), и такимъ образомъ уничтожается. Это исправленіе, зависящее отъ одной лишь широты, извѣстно подъ именемъ «исправленія за широту».

Компасъ, установленный на движущемъ кораблѣ *).

Жирокопическій компасъ, находясь на движущемся кораблѣ, не будетъ точно указывать истинный сѣверъ, но постоянно будетъ требовать введенія нѣкоторыхъ трехъ, положительныхъ или отрицательныхъ, поправокъ, чтобы прійти въ истинный меридіанъ.

*) Нижеслѣдующимъ объясненіемъ отклоненія, обусловливаемого передвиженіемъ корабля къ сѣверу или къ югу, мы обязаны любезности Н. Л. Таппег, инженера «Sprengel Gutescopre Compagny»:

Возьмемъ корабль, находящійся въ покоѣ на вращающейся землѣ; тогда компасъ расположится своею осью въ плоскости земной оси. Предположимъ затѣмъ, что земля неподвижна, а корабль движется по земной поверхности къ сѣверу; онъ будетъ перемѣщаться по большому кругу, ось коего лежитъ въ плоскости экватора, а тотъ конецъ оси жирокопа, который при нормальныхъ условіяхъ представляетъ сѣверный конецъ, будетъ теперь указывать на западъ. Очевидно, что, если мы соединимъ движеніе корабля и вращеніе земли, то компасъ приметъ промежуточное положеніе, а такъ какъ скорость, обусловливаемая вращеніемъ земли, гораздо больше, чѣмъ скорость движенія корабля, то это положеніе будетъ отличаться только слегка отъ направленія на истинный сѣверъ.

Величина этого отклоненія можетъ быть опредѣлена такимъ образомъ:

Пусть на черт. 1 *ab* представляетъ линейную скорость компаса, обусловливаемую вращеніемъ земли (скорость эта будетъ, конечно, намѣняться съ широтою и будетъ

Разсматривая черт. 15 и 16, предположимъ, что компасъ находится подъ широтою B° , какъ на черт. 15; онъ установленъ на корабль, движущемся со скоростью 10 узловъ въ часъ къ сѣверу, къ мѣсту, широта коего будетъ C° , какъ изображено на черт. 16.

Въ такомъ случаѣ мы перемѣщаемся съ мѣста, въ коемъ величина наклоненія оси xx была 37° за 12 часовъ, къ мѣсту, гдѣ эта величина равна 180° за то же время. Предположимъ, что, выйдя изъ B , мы проходимъ 20 узловъ за часъ вмѣсто 10 узловъ. Благодаря этому мы достигнемъ C вдвое скорѣе, чѣмъ если бы дѣлали по 10 узловъ, и величина, на которую вслѣдствіе этого наклонится ось xx , какъ обуславливаемая разностью скоростей, будетъ вдвое больше во второмъ случаѣ, чѣмъ въ первомъ. Такимъ образомъ, скорость введена, какъ факторъ.

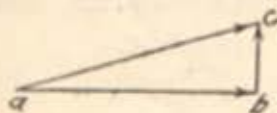
Предположимъ, что выйдя изъ нѣкоторой точки, мы плывемъ прямо на востокъ со скоростью 10 или 20 узловъ. Такъ какъ нашей широты мы не мѣняемъ, то величина наклоненія оси xx остается той же въ каждой точкѣ, въ которую мы приходимъ. Это обстоятельство не вызываетъ въ компасѣ никакой неисправности, т. е. скорость корабля лишь прибавляется къ скорости земной поверхности и ею можно пренебречь по сравненію съ послѣдней.

Предположимъ, мы плывемъ на NO . Тогда сѣверная слагающая скорости корабля будетъ имѣть вліяніе, такъ какъ она измѣняетъ степень наклоненія оси xx и, такъ какъ эта слагающая зависитъ отъ курса корабля, то и курсъ, вообще, является нѣкоторымъ фак-

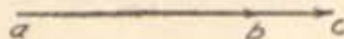
пропорціональна косинусу широты) и bc —скорость корабля; тогда результирующая скорость будетъ ac и отклоненіе компаса будетъ равно углу cab .

На черт. 2 корабль имѣетъ восточную скорость bc , и т. е. ac совпадаетъ съ bc , то у компаса не будетъ никакой девиации.

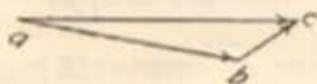
На черт. 3 корабль движется на сѣверо-востокъ, и уголъ cab по величинѣ будетъ промежуточнымъ между угломъ черт. 1 и 2. На практикѣ линія ab такъ



Черт. 1.



Черт. 2.

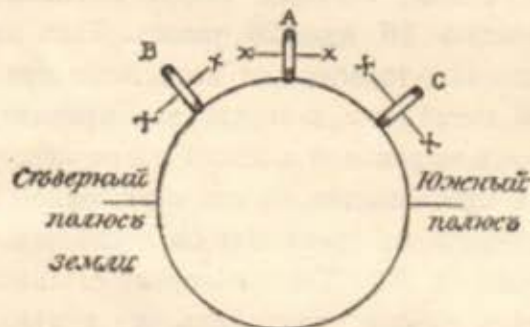


Черт. 3.

длинна въ сравненіи съ линіей bc , что восточной слагающей линіи bc можно пренебречь и разсматривать лишь сѣверную составляющую, равную bc , умноженную на косинусъ курса корабля.

торомъ. Относительные эффекты движенія компаса къ сѣверу и къ югу, т. е. плаванія по этимъ курсамъ, могутъ быть сопоставлены съ передвиженіями въ восточномъ или западномъ направленіяхъ на черт. 26 и 27.

На черт. 26 пусть A —жиро на экваторѣ; на черт. 27 представлена его проекція на плоскость экватора. Если мы плывемъ прямо на сѣверъ, или на югъ отъ A до B или до C , мы не будемъ при этомъ ось xx переносить параллельно самой себѣ въ пространствѣ, но, благодаря введенію силы тяжести, мы будемъ заставлять ось наклоняться, какъ показано, и это наклоненіе оси xx вызоветъ прецессию, величина коей будетъ обуславливаться не только той широтой, подъ которой мы находимся, но и скоростью, съ которой мы плывемъ отъ A до B или до C .



Черт. 26.



Черт. 27.

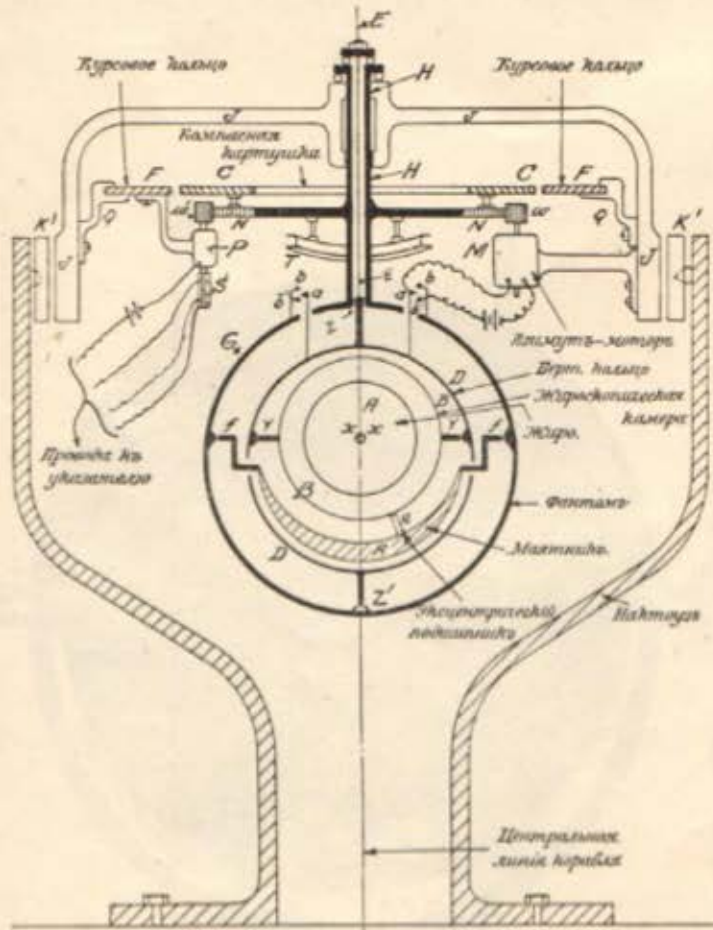
На черт. 27 мы имѣемъ проекцію на плоскость экватора. Пусть изъ точки A мы плывемъ прямо на востокъ или на западъ, къ B или къ C . При этомъ ось вращенія xx будетъ переноситься *въ пространствѣ параллельно самой себѣ*, и въ результатѣ не появится никакой прецессіи. См. черт. 2—5 и текстъ къ нимъ. Если мы плывемъ на востокъ или на западъ подъ какою-нибудь другою широтой, мы не измѣняемъ величины наклоненія xx , благодаря чему не будетъ получаться измѣненій въ прецессіи.

Компасъ Сперри.

Черт. 28 представляетъ схематическій рисунокъ компаса Сперри. Онъ имѣетъ цѣлью пояснить лишь нѣкоторые принципы его устройства и дѣйствія.

Жироскопическое колесо A установлено такъ, чтобы вращаться вокругъ горизонтальной оси, xx ; оно находится въ камерѣ B , ко-

торая колеблется на горизонтальной оси YU , проходящей через его центр тяжести и поддерживается рамой или вертикальным кольцом D . Кольцо D подвешено на проволоке E , не имѣющей крученія, и направляется подшипниками ZZ' такъ, чтобы имѣть возможность свободно колебаться въ ограниченныхъ предѣлахъ вокругъ своей вертикальной оси ZZ' внутри рамы или «фантома» G .



Черт. 28.

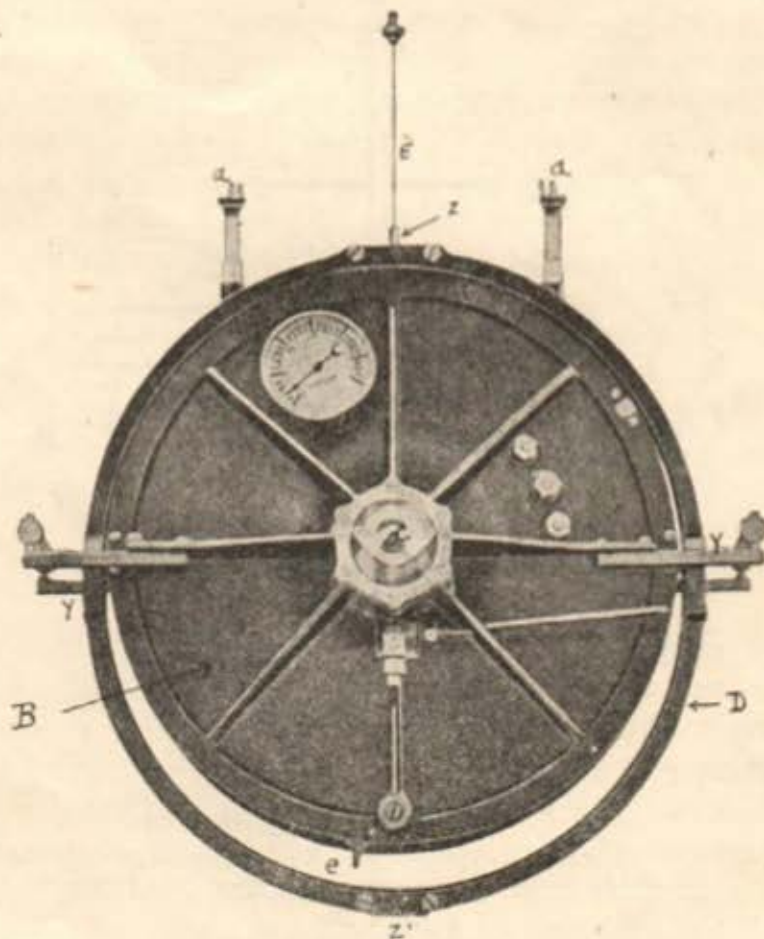
Схематическое изображение сѣченія компаса въ направленіи востокъ—западъ.

«Фантомъ» G имѣетъ полую втулку H , къ верхнему концу коей прикреплена проволока E ; втулка образуетъ валъ, вращающійся въ азимутѣ по отношенію къ основной поддерживающей рамѣ-основанію J . Рама J , подобно обыкновенному магнитному компасу, установлена на подвижныхъ кольцахъ $K'K'$ въ нактоузѣ.

Къ втулкѣ H прочно прикреплено большое зубчатое колесо, NN , имѣющее 360 зубцовъ,—каждому градусу соответствуетъ одинъ

зубецъ. Это зубчатое колесо можетъ двигаться только вмѣстѣ съ «фантомомъ» и, наоборотъ, когда мы будемъ двигать зубчатое колесо, *NN*, тогда будетъ приведенъ въ движеніе и «фантомъ».

Къ рамѣ *J* прочно прикрѣпленъ, и потому является неподвижнымъ по отношенію къ кораблю, моторъ, *M*, маленькій зубчатый валикъ *w* коего сѣпиленъ зубьями съ *NN*. На *NN* прочно прикрѣплена компасная картушка *CC*, раздѣленная на 360° . Въ уро-



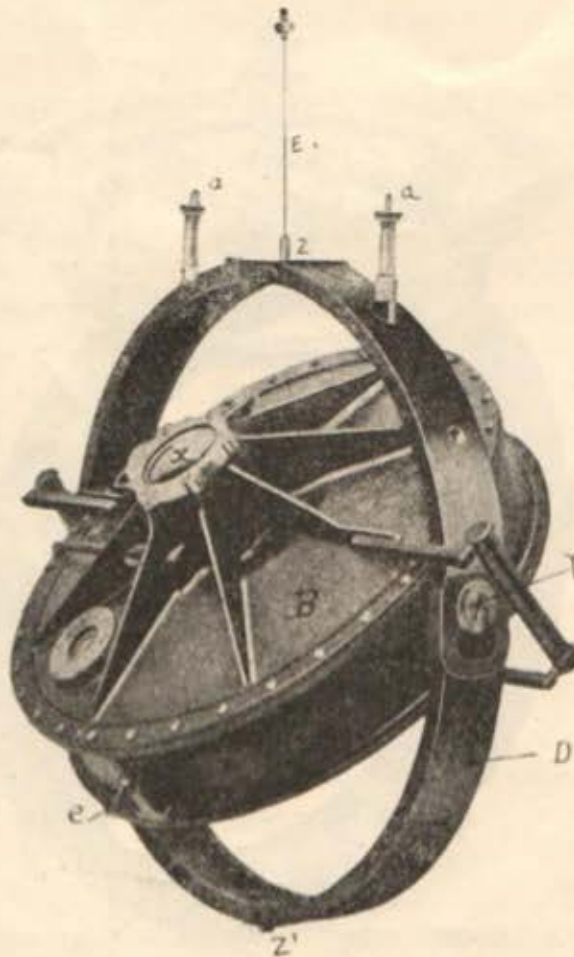
Черт. 29.

Жироскопическая камера и вертикальное кольцо съ сѣрной стороны.

вень съ поверхностью картушки компаса находится плоское кольцо, *FF*, на коемъ нанесены курсовыя черточки. *FF* поддерживается кронштейнами, *QQ*, на рамѣ *J*. Къ курсовому кольцу, *FF*, прикрѣпленъ передатчикъ *P*, назначеніе коего, — передавать электрическимъ способомъ указателю у рулевого или указателямъ, уста-

повлеченнымъ на высокихъ нактоузахъ для пеленгованія (pelorus), всякое движеніе компасной катушки *CC*

Жиро *A* вмѣстѣ съ жирокопической камерой *B* и кольцомъ *D* называются «чувствительнымъ элементомъ». Чувствительный элементъ и представляетъ, собственно, жирокопическій компасъ; всё остальныя части предназначены лишь для доставленія свободнаго движенія чувствительнаго элемента въ азимутѣ и отсчитыванія курсовъ; на чувствительный элементъ онѣ не оказываютъ при этомъ

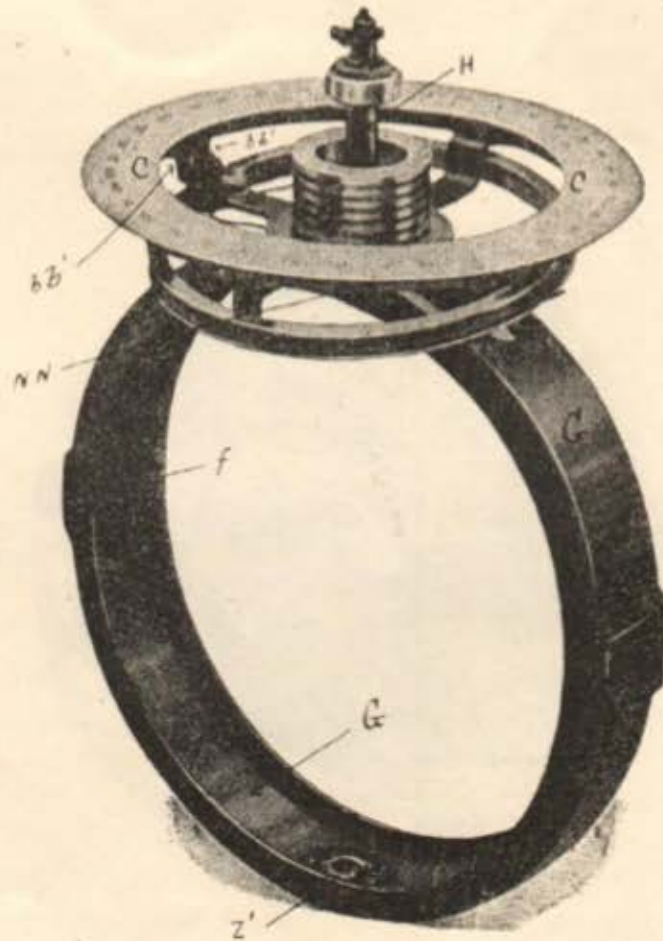


Черт. 30.

Жирокопическая камера и вертикальное кольцо съ южной стороны.

никакого дѣйствія. На чувствительномъ элементѣ на вертикальныхъ колонкахъ *a, a*, какъ показано, имѣются два электрическихъ колесныхъ контакта *a, a*, производящихъ легкій электрический контактъ съ двойными неподвижными пластинками *bb', bb'*, установленными на «фантомѣ». Назначеніе этого механизма, —заставлять «фан-

томъ», поддерживающій компасную картушку, точно слѣдитъ за каждымъ движеніемъ оси жирокопа въ азимутъ и такимъ образомъ отмѣчать въ градусахъ курсы корабля или направленіе, которое по отношенію къ меридіану имѣетъ ось жирокопа, *xx*. Кроме того, это движеніе при помощи передатчика, *P*, передается къ каждому указателю. Работа эта совершается безъ всякаго вліянія на свободу движенія чувствительнаго элемента, за исключеніемъ очень легкаго прикосновенія электрическихъ контактовъ *a, a* и *bb', bb'*.



Черт. 31.

«Фантомъ», азимутальный кругъ и наклонное кольцо, соединяющееся съ приспособленіемъ для автоматическаго корректированія.

Чувствительный элементъ и «фантомъ» изображены на черт. 29, 30 и 31. (Ср. съ черт. 28).

Порядокъ работы таковъ:

Обращаясь къ черт. 28, предположимъ, что компасъ былъ остановленъ и стоялъ нѣсколько дней; что корабль былъ введенъ въ докъ, былъ неподвиженъ, и курсъ былъ напр. *SO*, и что чувствительный элементъ былъ остановленъ такъ, что ось его случайно показывала въ направленіи диаметральной плоскости корабля, т. е. *SO* и *NW*; направленіе это перпендикулярно плоскости чертежа 28. Теперь пустимъ компасъ въ ходъ. По мѣрѣ увеличенія скорости колеса *A*, оно будетъ стремиться выходить изъ плоскости чертежа 28, и ось, *xx*, будетъ стремиться поворачиваться къ меридіану, чтобы показывать сѣверъ и югъ и вмѣстѣ съ собою будетъ поворачивать чувствительный элементъ. Въ то время, какъ чувствительный элементъ движется въ азимутѣ, чтобы придти въ меридіанъ, контакты *a, a* приходятъ въ соприкосновеніе съ контактами *bb', bb'* и посылаютъ токъ черезъ азимутъ-моторъ *M*, который, въ свою очередь, поворачиваетъ *NN* (а также «фантомъ» и компасную картушку) въ точности на то же самое число градусовъ въ азимутѣ, на которое повернулась ось *xx*. Другими словами, картушка компаса принуждена точно регистрировать движенія жирокопического элемента въ азимутѣ.

Когда *NN* вращается моторомъ *M*, оно вращаетъ зубчатое колесико *io'* передатчика *P* на указатели. Это колесико соединено съ коммутаторомъ или механизмомъ, производящимъ контакты *S*, который возбуждаетъ моторы компасныхъ картушекъ въ каждомъ указателѣ и заставляетъ ихъ двигаться такъ же, какъ движется картушка основного компаса *CC* на черт. 28.

Идея и устройство этой вспомогательной системы «фантома» и системы указателей очень изящны.

Автоматическое коррективное приспособленіе.

Черт. 32 представляетъ схематическое изображеніе этого механизма. При изученіи этого чертежа нужно имѣть въ виду, что онъ представляетъ эскизъ, сдѣланный лишь для поясненія принциповъ, но не является чертежомъ этого механизма. Онъ лишь поясняетъ способъ дѣйствія, но не представляетъ точно механическихъ деталей устройства. На черт. 32 и 28 одніи и тѣ же части означены одинаковыми буквами.

Какъ выше было установлено, жirosкопическій компасъ на движущемся кораблѣ не будетъ показывать сѣверъ, но всегда требуетъ введенія нѣкоторыхъ трехъ, положительныхъ или отрицательныхъ, поправокъ, чтобы притти въ меридіанъ. Находясь на сушѣ, жirosкопическій компасъ будетъ показывать истинный сѣверъ, но когда онъ установленъ на движущемся кораблѣ, вмѣщающемъ сѣверный или южный курсъ, или слагающую этого курса, жirosкопъ не будетъ уже имѣть лишь восточнаго движенія (отъ вращенія земли); онъ будетъ имѣть сложное движеніе и будетъ отклоненъ отъ меридіана, чтобы соответствовать новому положенію оси въ пространствѣ. Величина этого отклоненія зависитъ отъ трехъ переменныхъ, именно, отъ курса корабля, скорости на этомъ курсѣ и широты. Широта заставляетъ также вводить вторую поправку, обусловливаемую нѣкоторыми характеристиками компаса. Формула для общей величины отклоненія будетъ:

$$D = \frac{a.K. \cos H}{\cos L} - b.tang L,$$

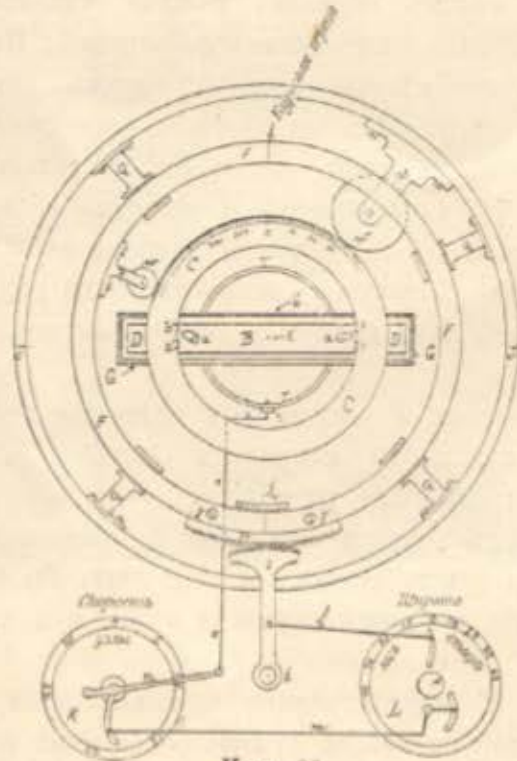
гдѣ D —полная поправка за отклоненіе жirosкопическаго компаса отъ истиннаго, географическаго сѣвера; H —курсъ корабля или направленіе, выраженное въ градусахъ, считая отъ географическаго сѣвера; K —скорость въ узлахъ; a и b —постоянные переводные множители, величина коихъ зависитъ отъ употребленныхъ единицъ и размѣровъ инструмента.

Прежде необходимо было дѣлать одновременные отсчеты этихъ трехъ независимыхъ факторовъ и опредѣлять общую величину поправки или, иначе, справляться въ специально-составленнымъ таблицахъ для нахождения той положительной или отрицательной поправки, которую нужно прибавить; въ нѣкоторыхъ случаяхъ при измѣненіи широты мѣста приходилось дѣлать различныя установки (выбѣрки), прибавляя или снимая грузы. Г-въ Сьерра сконструировалъ особое автоматическое коррективное приспособленіе, при помощи коего точно компенсируются и автоматически вводятся всѣ вышеуказанныя слагающія отклоненія, такъ что всѣ отсчеты основнаго компаса, вмѣстѣ съ указателями и другими вспомогательными аппаратами всегда будутъ держаться на меридіанѣ. Отсчетъ каждаго указателя, помѣщеннаго въ отдаленной части корабля всегда остается вѣрнымъ, что можно провѣрить по солнцу.

На черт. 32 компасная картушка CC , фантомъ G , чувствительный элементъ BD , курсовое кольцо FF , элементъ-вѣторъ M , пе-

рычажки Pc' и т. д. означены тѣми же буквами, что и на черт. 28.

На черт. 32 курсовое кольцо FF имѣетъ небольшую зубчатую передачу r ; зубцы ея входятъ въ зубцы рычага S , который вращается вокругъ i . Вращение S вокругъ i заставляеть курсовое кольцо FF скользить на его подшипникахъ $QQQQ$.



Черт. 32.

Циферблатъ коррективнаго приспособленія за скорость.

Циферблатъ коррективнаго приспособленія за широту.

Схематическій чертежъ механизма для автоматическаго корректированія.

Рычагъ l соединяетъ S съ циферблатомъ, L , коррективнаго приспособленія за широту; этотъ циферблатъ соединенъ съ циферблатомъ коррективнаго приспособленія, K , за скорость при помощи рычага m ; K соединено рычагами n и o съ роликовымъ подшипникомъ t , ходящимъ въ пазу «кольца косинусовъ» T . (См. также черт. 28).

Можно видѣть, что это устройство въ дѣйствительности представляетъ такую систему сѣбленій, что когда, при вращеніи кольца T , начинаетъ двигаться и t , его движеніе передается черезъ o , n , m , l , s и r курсовому кольцу FF , которое перемѣщается

при этомъ направо и налѣво на величину, на которую нужно исправить показаніе компаса. Кольцо косинусовъ T предназначено вводить поправки за курсъ корабля: когда корабль мѣняетъ свой курсъ, T автоматически становится въ такое положеніе, что курсъ вводится, какъ факторъ. Когда FF' перемѣщается при помощи s , колесико передатчика w' катится по кольцу CC , остающемуся неподвижнымъ, и такимъ образомъ каждый указатель на кораблѣ точно приводится на отсчетъ основного компаса. Напримѣръ, если курсовое кольцо перемѣстилось на 3° направо изъ положенія 0° , какъ показано на черт. 32, то курсъ по основному компасу станетъ $NO 3^\circ$. Но въ то время, когда FF' двигалось направо на 3° , оно вмѣстѣ съ собою перенесло и колесико w' передатчика, заставляя его катиться по CC ; это передвиженіе на 3° будетъ электрически передано и одинаково зарегистрировано на каждомъ указателѣ, такъ что всѣ они, какъ и основной компасъ, дадутъ отсчетъ $NO 3^\circ$.

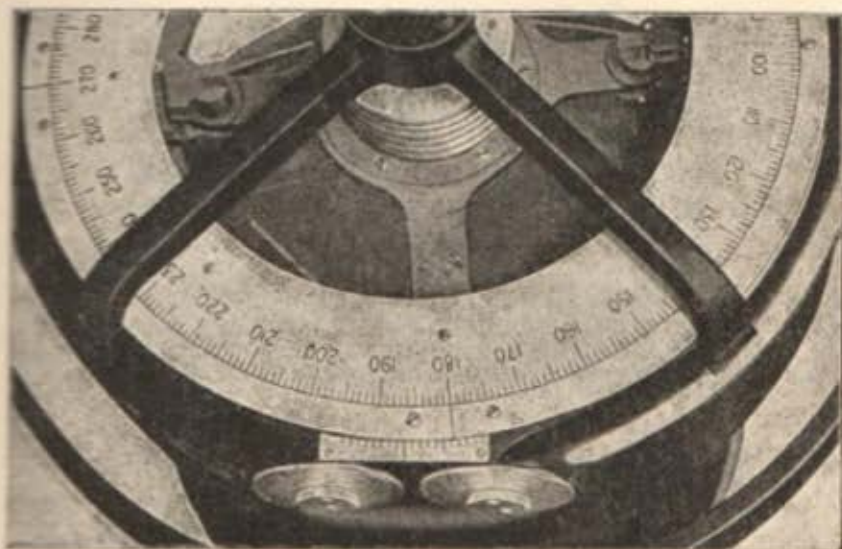
Кольцо косинусовъ T регулируетъ величину передвиженія курсовой черты такъ, чтобы исправить ошибку, обусловливаемую тѣмъ или другимъ курсомъ корабля.

Для нѣкоторыхъ курсовъ величина поправки, вводимой передатчей l , m , n , o будетъ всегда той же, лишь бы длины и относительныя положенія рычаговъ передачи l , m , n и т. д., оставались неизмѣнными.

Циферблатъ K коррективнаго приспособленія за скорость и циферблатъ L коррективнаго приспособленія за широту представляютъ сложный рядъ плоскихъ кулачковъ, построенныхъ такъ, что при отпусканіи установочныхъ винтовъ на одномъ изъ двухъ циферблатовъ, можно измѣнять расположеніе рычаговъ передачи, соединяющей этотъ циферблатъ, и при этомъ не измѣняется относительный эффектъ передаточныхъ рычаговъ, прикрепленныхъ къ другому циферблату. (Нашъ чертежъ не показываетъ механическихъ деталей этого устройства).

Чтобы установить циферблатъ широты такъ, чтобы ввести его поправку, нужно отпустить зажимной винтъ на циферблатѣ широты, повернуть циферблатъ L на отсчетъ нашей широты и снова зажать зажимной винтъ. Теперь въ рычажной передачѣ поправка за широту соединена съ поправкой на курсъ. Чтобы къ предыдущимъ поправкамъ прибавить поправку за скорость, нужно отпустить зажимной винтъ на коррективномъ циферблатѣ, K , скоростей, повернуть его такъ, чтобы онъ указывалъ скорость, съ которой идетъ корабль,

и нажать зажимной винтъ. Соотношеніе рычаговъ передаточной системы теперь будетъ таково, что поправки за скорость автоматически приложены къ поправкамъ за широту и курсъ, и курсовое зеркало указываетъ на картушкѣ основного компаса непосредственно истинный курсъ корабля, а всѣ указатели на кораблѣ показываютъ тотъ же курсъ, что и основной компасъ. См. черт. 33.



Черт. 33.

Часть картушки основного компаса съ отчетомъ меридіана послѣ исправленія указанія коррективнымъ приспособленіемъ.

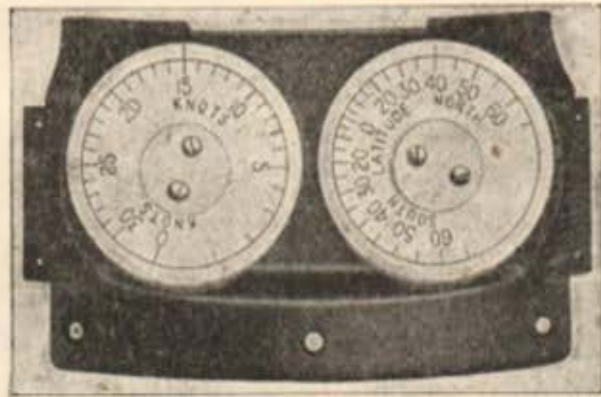
Черт. 34 показываетъ установку для 15 узловъ скорости на широтѣ N 40°.

Такъ какъ факторъ, вводимый кольцомъ косинусовъ T постоянно, то это кольцо, разъ будучи установлено, не требуетъ затѣмъ никакихъ его измѣненій.

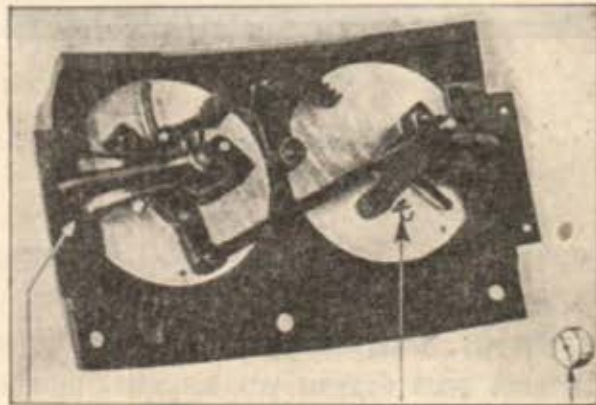
Когда компасъ вращается съ нормальною скоростью, и циферблаты установлены на широту и скорость, тогда въ его показаніяхъ не должно быть ошибокъ, и въ этомъ можно убѣдиться, сравнивая отсчеты азимутовъ солнца, наблюденные азимутальнымъ кругомъ на указателѣ, съ истинными азимутами его, взятыми изъ таблицъ. Если они согласны между собою, въ компасѣ нѣтъ ошибки, и всѣ курсы, взятые по этому компасу, будутъ правильны.

Если изъ наблюденій азимутовъ солнца мы установимъ, что компасъ имѣетъ ошибку, несмотря на то, что циферблаты правильно установлены на скорость и широту, то наличие этой ошибки будетъ

обусловлено однимъ изъ двухъ обстоятельствъ: 1) присутствіемъ колебанія, во время коего ошибка медленно приближается къ максимуму восточному, затѣмъ назадъ къ максимуму западному и т. д., пока колебанія не уменьшатся; или 2) компасъ можетъ измѣнить свое положеніе равновѣсія, приобрести постоянную восточную или западную ошибку.



Черт. 34.



Черт. 35.

Чтобы исправить постоянную ошибку. — Отпустить маленькіе закрѣпительные винты *jj* (черт. 32), находящіеся по обѣ стороны задней, курсовой черты. Отпуская эти винты, мы получаемъ возможность передвигать курсовое кольцо независимо отъ зубчатой передачи *r*, перемѣщающейся рычагомъ *s*. Большимъ и указательнымъ пальцами каждой руки повернуть *FF* на число градусовъ (его можно отсчитать по шкалѣ *h*, черт. 32), равное ошибкѣ компаса, полученной изъ наблюдений солнца; затѣмъ прочно зажать винты *jj*. Если теперь циферблаты установлены правильно на ши-

роту и скорость, основной компасъ и всѣ указатели не будутъ имѣть ошибки при всѣхъ условіяхъ работы компаса.

Опредѣленіе, имѣетъ-ли компасъ колебаніе.

Періодъ компаса, т. е. время необходимое ему, чтобы совершить полное колебаніе, колеблется отъ 70 до 80 минутъ; поэтому наблюденія солнца или полярной звѣзды, производимыя для опредѣленія минутъ каждыя 10 или 15 минутъ, въ продолженіе промежутка времени, большаго, чѣмъ періодъ, т. е. 70—80 минутъ, покажутъ, имѣетъ-ли компасъ колебанія и, если да, то дадутъ и величину этого колебанія.

Если море совершенно спокойно, то достаточно въ теченіе 10—15 минутъ сравнивать курсъ корабля по жироскопическому компасу съ курсомъ по главному магнитному—это сравненіе рѣшитъ вопросъ.

Если корабль неподвиженъ и стоитъ на якорѣ въ гавани, и наблюденія солнца почему-либо произвести неудобно, то, сопровождающія колебаніе оси въ горизонтальномъ направленіи, подниманія и опусканія ея укажутъ перемѣщеніями пузырьковъ уровней компаса.

Замѣчаніе.

У читателя, не вполне освоившагося съ принципами дѣйствія компаса, можетъ появиться мысль, какимъ образомъ, двигая курсовую линію на FF то въ одну, то въ другую сторону вокругъ CC , мы этимъ получаемъ истинный курсъ. Какимъ образомъ это можетъ быть? Вѣдь діаметральная плоскость корабля неизмѣнна! Курсовая линія на компасѣ у рулевого и у *relagus*'овъ на мостикѣ абсолютно неподвижны и установлены параллельно діаметральной плоскости корабля, ихъ нельзя мѣнять; между тѣмъ мы постоянно мѣняли положеніе курсовой линіи на основномъ компасѣ и говорили, что онъ даетъ истинные курсы на мостикѣ! Какъ это можетъ быть?

Отвѣтъ очень простъ: картушка каждаго указателя контролируется и приводится въ движеніе курсовымъ кольцомъ FF . Онѣ движутся вмѣстѣ съ этимъ кольцомъ, а не вмѣстѣ съ картушкой CC основного компаса. Картушка основного компаса, въ виду того, что она имѣетъ соединеніе съ чувствительнымъ элементомъ, служитъ

шкалой, которая указывает истинный отсчет меридиана. Поэтому, если мы передвигаем курсовую линию, *FF*, вокруг *CC* до точки, отсчет коей, например, 346° на *CC*, то катушка каждого указателя повернется так, чтобы показывать 346° на неподвижной



Черт. 36.

Малый гироскоп или стабилизаторъ.

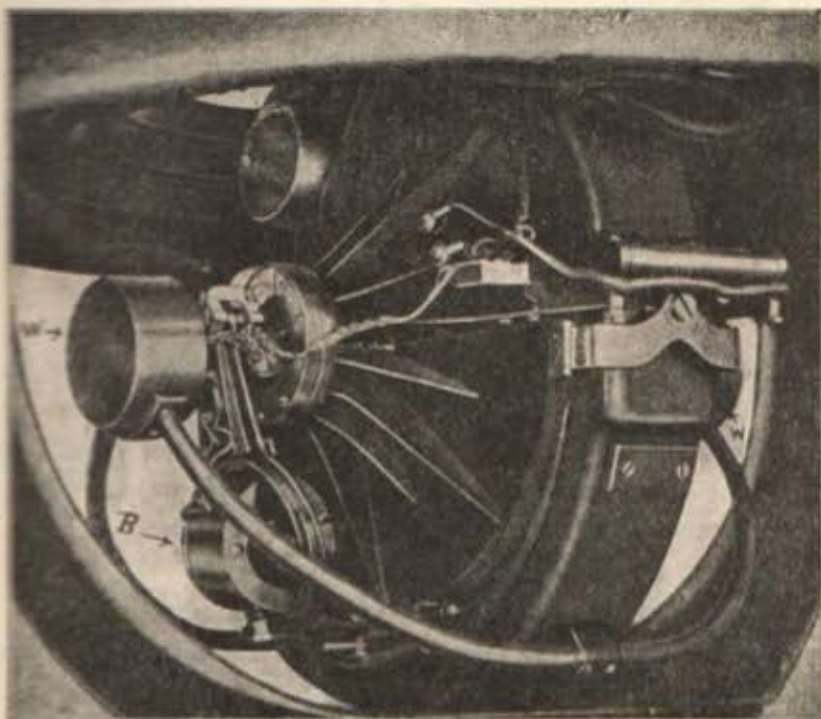
курсвой чертѣ компаса, установленнаго на мостикѣ, и будетъ показывать, что корабль долженъ быть направляемъ по истинному курсу 346° . Если 346° не представляютъ того курса, идя которымъ,

ни придетъ въ нужный намъ портъ, то діаметральную плоскость корабля нужно повернуть рулемъ такъ, чтобы привести корабль въ нужное направленіе.

Другими словами, въ основномъ компасѣ курсовая линія движется вокругъ картушки, а въ указателяхъ картушка вращается вокругъ курсовой линіи. Такъ какъ движеніе въ азимутѣ въ томъ и другомъ случаѣ тождественны, то каждый компасъ будетъ давать точности одного и того же числа градусовъ.

Боковая и кормовая качка.

Всѣ предыдущія замѣтки о принципахъ дѣйствія жирокопическаго компаса относились 1) къ компасу, установленному на сушѣ и 2) къ компасу, установленному на кораблѣ, движущемся по спокойному морю.



Черт. 36а.

Основной компасъ; видъ снизу, съ сѣверо-запада. Стабилизаторъ или малый жирокопическій *B* и компенсаціальные грузы *W*.

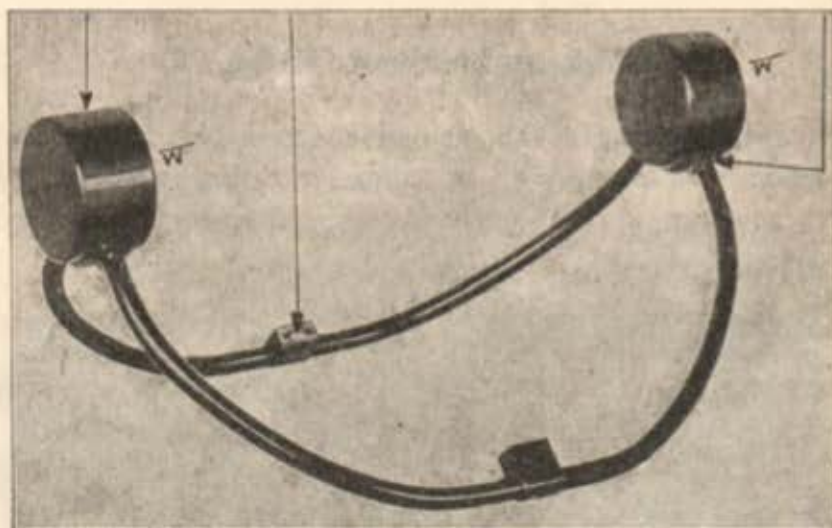
Когда корабль находится въ качкѣ, появляются новыя силы и условія. Силы, обусловливаемые качкой корабля, можно раздѣлить

На стр. 31, строка 9 сверху слѣдуетъ читать:

Боковая и килевая качка.

на двѣ группы: 1) силы ускоренія, обусловливаемые измѣненіемъ направленія и 2) центробѣжныя силы, обусловливаемые тѣмъ фактомъ, что части компаса имѣютъ угловое движеніе, прилагающееся къ движенію переноса.

Въ компасѣ Сперри дѣйствіе силъ ускоренія на компасъ уничтожается жирокопомъ-стабилизаторомъ, изображеннымъ на черт. 36 и 36а; центробѣжныя же силы уничтожаются компенсаціонными грузами, изображенными на черт. 36а и 36б.



Черт. 36б.

Компенсаціонные грузы и ихъ рама.

Компасъ Сперри при его работѣ на «Montana» представлялъ для насъ большое удобство, и мы были увѣрены въ его работѣ. Мы смотрѣли на него, какъ на удивительный инструментъ и одно изъ наиболее цѣнныхъ приложений современной науки къ кораблевожденію. Въ боевой рубкѣ и подъ палубой его независимость отъ магнитнаго вліянія является весьма цѣнной.

Для своего надлежащаго функціонированія онъ требуетъ ухода за нимъ человѣка болѣе или менѣе интеллигентнаго и надзора офицеровъ и электротехниковъ, знающихъ его устройство, но большихъ знаній, чѣмъ тѣ, которыя требуются отъ лицъ, завѣдующихъ пушками, минами, хронометрами или другими какими-нибудь механизмами, устанавливаемыми на новыхъ корабляхъ, онъ не требуетъ.

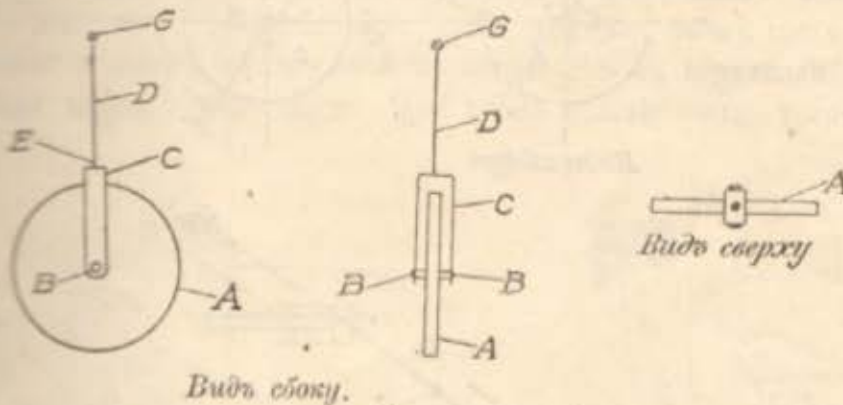
Я могу лишь хвалить этотъ компасъ. Однако нужно помнить, что, какъ и въ каждомъ другомъ приборѣ, успѣшность его работы зависитъ отъ качества ухода и обращенія съ нимъ.

Приложеніе.

Нижеприведенный разбор девиаций, обусловливаемых силами ускоренія и центробѣжными и изложеніе способа ихъ уничтоженія дано г. Н. Л. Таппер'омъ, инженеромъ фирмы «Sperry Gyroscope Co».

Отклоненія компаса, обусловливаемая силами ускоренія.

Компасное колесо, камера съ жирокомпомъ и маятникъ схематически могутъ быть представлены дискомъ *A* (черт. 37), вращающемся на подшипникахъ *B* въ U-образной рамѣ *C*, которая подвѣшена на гибкой нити *D*.



Видъ сбоку.

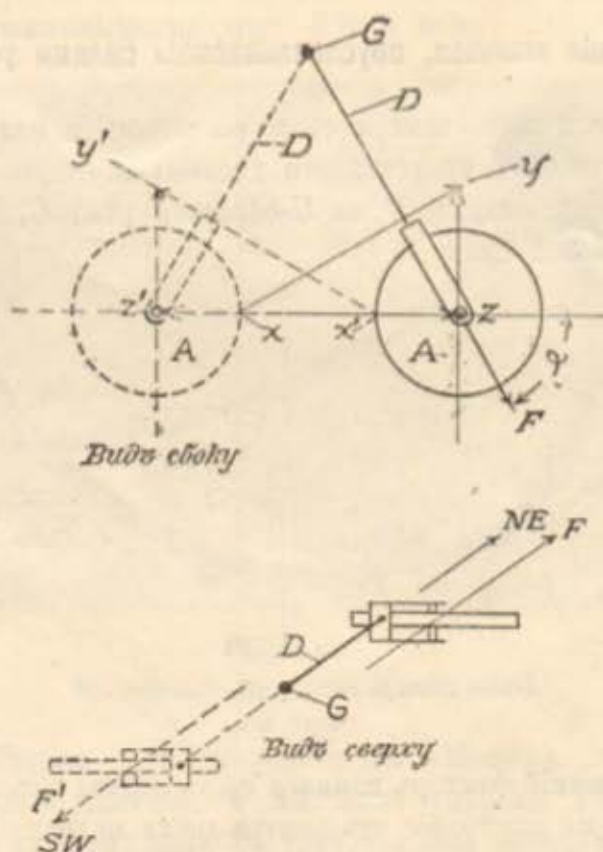
Черт. 37.

Галистическій факторъ компаса составляется изъ вѣса диска *A*, умноженнаго на разстояніе отъ центра диска до точки *E*, гдѣ гибкая нить *D* прикрѣплена къ рамѣ *C*.

Теперь на мгновенье предположимъ, что компасъ получилъ ускореніе въ промежуточномъ направленіи, *NO* и *SW* (черт. 38). Весь компасъ будетъ дѣйствовать, какъ маятникъ и принимать такое положеніе, чтобы нить *D* была параллельна линіи силъ *F*—равнодѣйствующей силъ ускоренія и тяжести. Рама *C* будетъ по направленію совпадать съ *OW*—слагающей этой силы, а не съ *NS*—слагающей, ибо она стабилизирована въ этомъ направленіи дискомъ *A*.

Пусть α , изображенное въ проекціи на черт. 38, черезъ α' представляетъ уголъ между силою *F* и горизонтальною плоскостью; тогда горизонтальная составляющая силы *F* будетъ $F \cos \alpha$. Когда сила ускоренія имѣетъ направленіе *NO*, слагающая *NS* этой силы

будетъ производить вращеніе вокругъ линіи xu , лежащей въ плоскости диска. Это вращеніе можно разложить на слагающую вокругъ вертикальной оси zy и слагающую вокругъ горизонтали xz . Подобнымъ же образомъ, когда сила ускоренія направлена по SW , стрѣлки $z'y'$ и $x'z'$ представятъ соответствующія слагающія вращенія вокругъ вертикальной и горизонтальной осей.



Черт. 38.

Можно видѣть, что вращеніе вокругъ xz и $x'z'$ равны и противоположны и поэтому уничтожаются; вращенія же вокругъ zy и $z'y'$ совершаются въ томъ же направленіи и потому складываются, создавая вращеніе вокругъ вертикальной оси диска, который начинаетъ прецессировать.

Подобнымъ же образомъ, можно показать, что ускореніе NW и SO вызовутъ вращеніе въ противоположномъ направленіи вокругъ вертикальной оси.

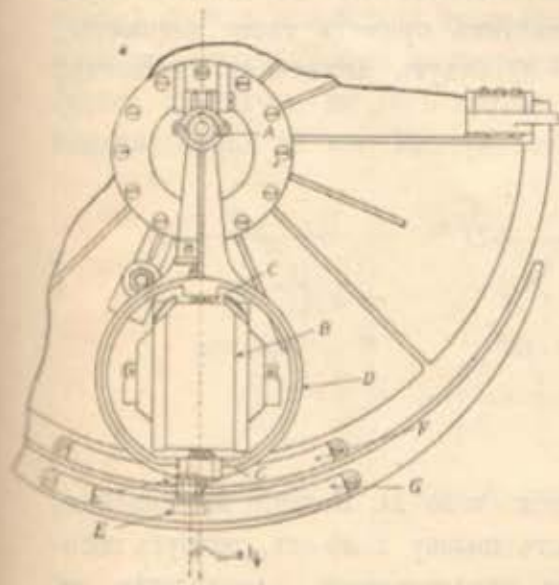
По мѣрѣ того, какъ направленіе ускорительныхъ давленій приближается къ линіи OW , очевидно, что NS —слагающая силы $F \cos \alpha$ будетъ приближаться къ нулю, когда же ускорительныя давленія

приблизятся къ линіи *NS*, плечо пары этихъ силъ вокругъ вертикальной оси приблизится къ нулю; въ томъ и другомъ случаѣ вращеніе вертикальной оси превращается въ нуль.

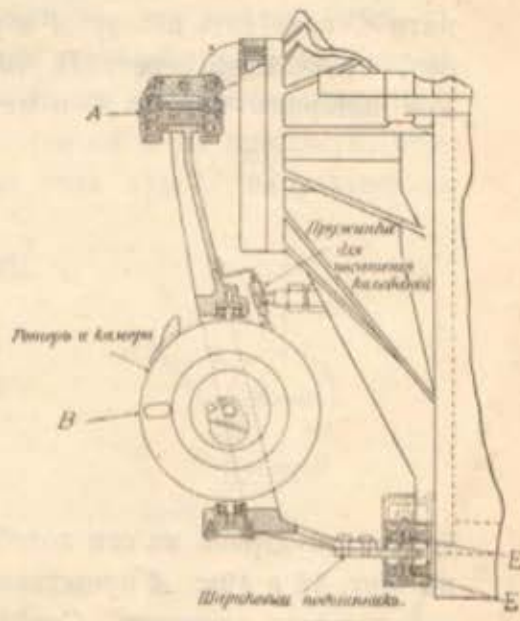
Какъ было показано, девіаціи компаса, обусловливаемые силами ускоренія, создаются тѣмъ, что сила и плечо перемѣняютъ свои направленія въ то же самое время, создавая вращеніе постояннаго направленія вокругъ вертикальной оси компаса.

При уменьшеніи одной изъ этихъ слагающихъ до нуля или при сохраненіи направленія одной изъ двухъ постояннымъ во время измѣненія другой, мы или не будемъ имѣть вращенія вокругъ вертикальной оси, или получимъ равныя, положительное и отрицательное, вращенія, которыя въ результатѣ дадутъ вращеніе, равное нулю. Этотъ послѣдній способъ находитъ примѣненіе въ компасѣ.

Такъ какъ всѣ силы, дѣйствующія на жирокопъ вводятся черезъ маятникъ, то необходимо лишь держать точку соединенія маятника и колеса неподвижной по отношенію къ вертикали, проходящей черезъ центръ жиро. При этомъ условіи силы ускоренія



Черт. 39.



Черт. 40.

не будутъ оказывать вліянія на приборъ; для того же, чтобы приводить ось жиро возможно скорѣе на меридіанъ, нужно, чтобы эта точка присоединенія отстояла отъ вертикали, проходящей черезъ центръ жиро, приблизительно на $\frac{1}{4}$ дюйма къ востоку.

Разсматривая черт. 39 и 40, мы замѣтимъ, что стабилизаторъ установленъ на сѣверной сторонѣ жирокопической камеры и что

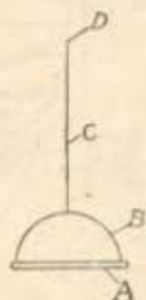
подшипники въ точкѣ *A* позволяютъ ему свободно качаться вокругъ оси параллельной той, вокругъ которой вращается главный жиро.

Малый жирокопъ, *B*, вращается вокругъ оси, расположенной съ *O* на *W* и можетъ свободно прецессировать вокругъ вертикальной оси, подшипники коей показаны въ *CC*.

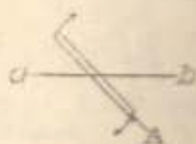
Благодаря стабилизирующему дѣйствию жирокопа *B*, рама *D* будетъ держаться неподвижной по отношенію къ вертикали, проходящей черезъ центръ колеса главнаго жирокопа, а малые подшипники, *EE*, будутъ находиться поэтому на неизвѣстномъ разстояніи отъ вертикальной плоскости, проходящей черезъ ось главнаго жирокопа. Эти роликки катятся въ рельсовитъ желобахъ: *F*, прикрѣпленномъ къ жирокопической камерѣ, и *G*, прикрѣпленномъ къ маятнику.

Девіаціи компаса, обусловливаемая центробѣжною силою.

Причина девіаціи. Если на проволочной дугѣ *B* (черт. 41) и нити *C* подвѣсить полоску *A* и раскачивать, какъ маятникъ вокругъ оси, проходящей черезъ *D*, то система приметъ такое положеніе, при которомъ полоса *A* и нить *C* будутъ лежать въ плоскости,



Черт. 41.



Черт. 42.

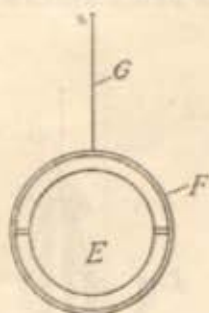


Черт. 42а.

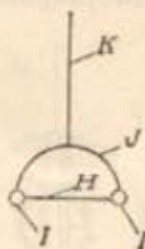
перпендикулярной къ оси колебанія осей *D*. Иллюстрація это показано на черт. 42 и 42а; *A* представляетъ полоску и маятникъ, вокругъ которой качается маятникъ. Стрѣлки представляютъ направленіе, въ которомъ будетъ вращаться полоса. Фактъ этотъ былъ опредѣленъ математически и затѣмъ подтвержденъ при конструированіи приборовъ.

Примененіе къ компасу. Непогрѣзливо на черт. 43 и 44 можно видѣть, что вертикальное колесо жирокопической камера и статоръ компаса, т. е. весь чувствительный элементъ за исключеніемъ ротора (который не долженъ входить въ расклатываніе, такъ

какъ онъ долженъ свободно вращаться въ своихъ подшипникахъ вокругъ оси, перпендикулярной къ плоскости чертежа, и стабилизированъ вокругъ оси, проходящей черезъ горизонтальные подшипники кожуха) можно замѣнить невѣсомымъ стержнемъ *H*, невѣсомой поддерживающей дугой *J*, нитью *K* и двумя грузами *I, I*.

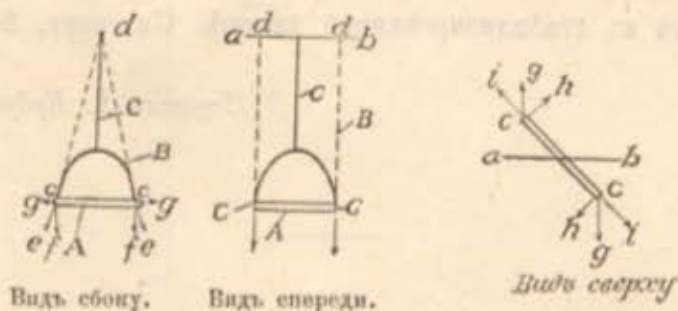


Черт. 43.



Черт. 44.

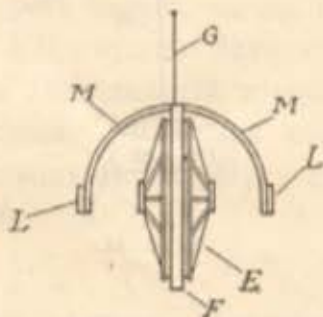
Теорія. Черт. 45 изображаетъ приборъ, изображенный на чертежѣ 41, вращающійся вокругъ оси, составляющей уголъ, приблизительно, въ 45° съ полосой *A*. Очевидно, что каждая точка въ полосѣ будетъ колебаться въ плоскости перпендикулярной къ оси *ab* и по дугѣ круга, центръ коего лежитъ на оси *ab*. Поэтому частица *C* будетъ двигаться по дугѣ круга радиуса *cd* и въ плоскости, перпендикулярной къ *ab*. Центробѣжная сила будетъ направлена въ



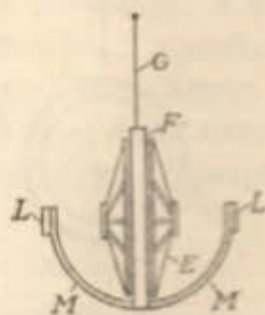
Черт. 45.

такомъ случаѣ вдоль линіи *dc*. Эту силу можно разложить, какъ показано, на составляющія *cf* и *cg*. Въ свою очередь, *cg* можно разложить на составляющія *ch* и *ci*. Можно видѣть, что всѣ составляющія такія, какъ *ci* не имѣютъ вліянія, — онѣ лишь стремятся произвести натяженіе въ полосѣ *A*; всѣ же составляющія такія, какъ *ch*, производятъ пару, стремящуюся вращать полосу въ положеніе, перпендикулярное къ *ab*.

Уничтоженіе девиации. Изъ черт. 42 и 42а можно видѣть, что двѣ одинаковыя полосы, расположенныя подъ угломъ въ 90° другъ къ другу, имѣютъ одинаковыя вращенія въ противоположныхъ направленіяхъ. Поэтому, если мы соединимъ ихъ вмѣстѣ, то силы будутъ уничтожать другъ друга. Это будетъ справедливо при всякомъ положеніи прибора, если составляющія нашъ крестъ полосы будутъ взаимно перпендикулярны.



Черт. 46.



Черт. 46а.

Очевидно (черт. 46 или 46а), что дѣйствіе взаимно перпендикулярныхъ полосъ можно использовать въ компасѣ, если къ сѣверной и южной сторонамъ вертикальнаго кольца прикрѣпить рамы *ММ* съ грузами *LL* въ точкахъ, находящихся на одной линіи съ центромъ колеса. Эти грузы нужно прикрѣпить къ вертикальному кольцу, такъ какъ они не будутъ оказывать вліянія, если ихъ прикрѣпить къ стабилизированной камерѣ. См. черт. 36а и 36б.

Перевелъ Б. Кудревичъ.