

**СИБИРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ
АКАДЕМИЯ**

кафедра радиоэлектроники

ТЕМА 6: Танковая навигационная аппаратура

ЛЕКЦИЯ №6

Учебные вопросы:

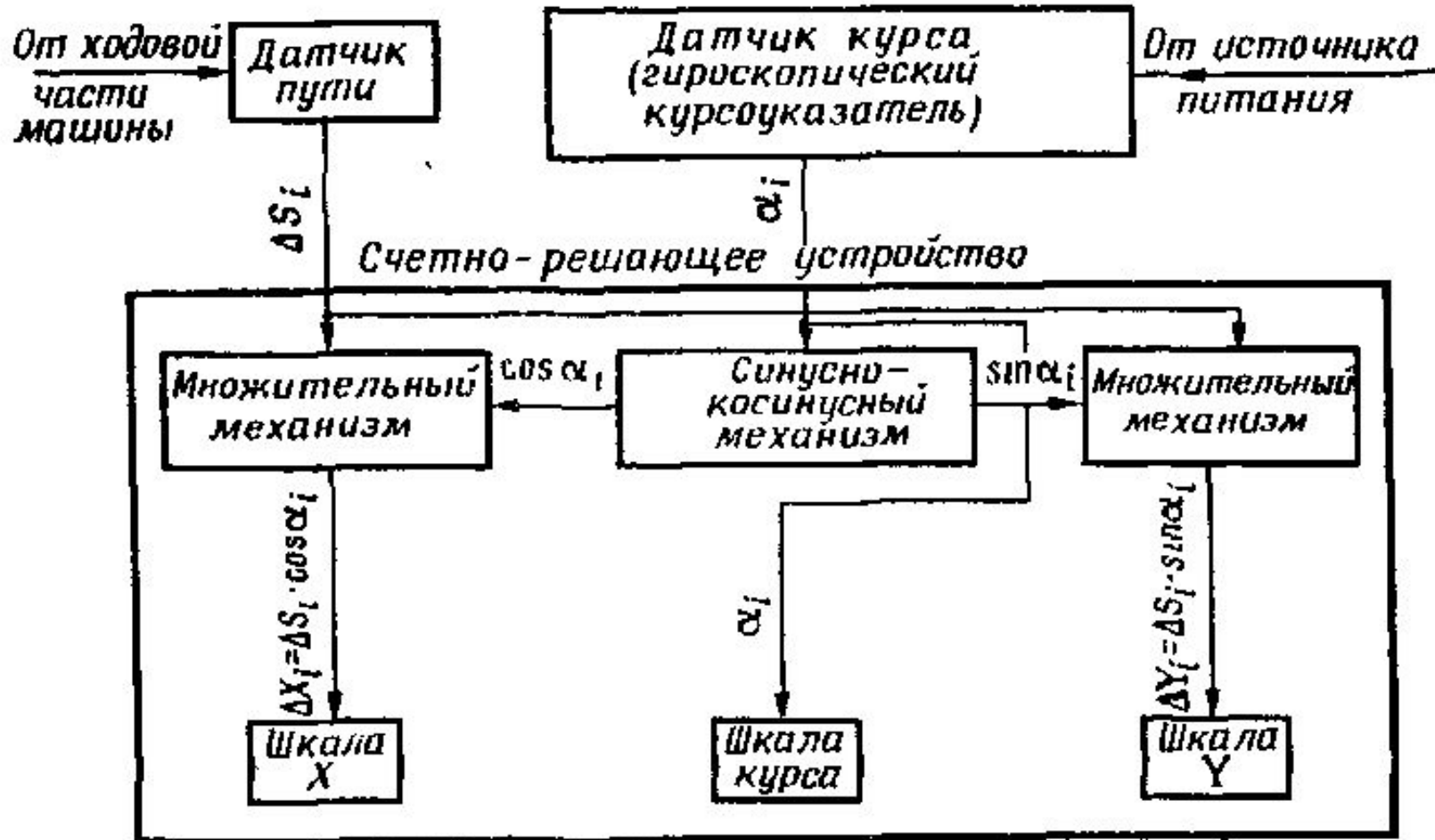
- 1. Основные определения.**
- 2. Принцип работы.**
- 3. Общие сведения о дальномерах.**

Танковая навигационная аппаратура предназначена для повышения эффективности действий частей и подразделений Сухопутных войск при решении различных тактических задач в условиях затрудненного ориентирования.

Аппаратура обеспечивает определение координат танка с высокой точностью от пройденного пути без переориентирования, решает следующие навигационные задачи:

- автоматическое определение координат объекта;
- автоматическое определение дирекционного угла объекта;
- автоматическое определение дирекционного угла на пункт назначения;
- индикация местоположения объекта на топографической карте;
- автоматическое определение разностей координат местоположения объекта и координат пункта назначения.

Принципиальная схема навигационной аппаратуры



Навигационная аппаратура состоит из навигационных приборов и вспомогательных приборов и устройств.

В войсках применяются следующие навигационные приборы и аппаратура:

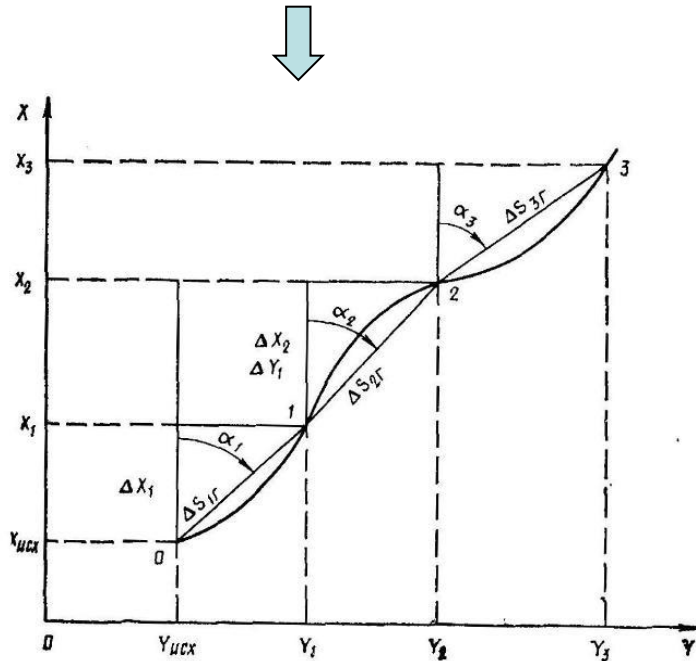
- гиropolукомпасы;**
- навигационная аппаратура (ТНА-2, курсопрокладчик с гиросуказателем, ТНА-3, ТНА-4);**
- комплект гиросуказателя;**
- визирные и угломерные устройства.**

Танковая навигационная аппаратура в полном объеме или частично решает ряд навигационных задач:

- **первая навигационная задача** - определение плоских прямоугольных геодезических координат X и Y местоположений подвижного объекта и его дирекционного угла α ;
- **вторая навигационная задача** - определение дирекционного угла на пункт назначения $\alpha_{пн}$ и дальности $S_{пн}$ до него;
- **третья навигационная задача** - определение плоских прямоугольных геодезических координат цели X_c и Y_c по известным плоским прямоугольным геодезическим координатам объекта, дальности до цели и дирекционному углу на цель.

ПЕРВАЯ НАВИГАЦИОННАЯ ЗАДАЧА

Для решения задачи используются параметры движения объекта: скорость и дирекционный угол. Принцип определения координат X и Y местоположения объекта при его движении по горизонтальному участку сводится следующему:



Решение первой навигационной задачи

Условия:

Объект передвигается из точки 0 к точкам 1, 2 и т. д. За малый промежуток времени Δt его скорость v и дирекционный угол α остаются неизменными. Криволинейный путь объекта можно заменить прямолинейными участками ΔS_{1r} , ΔS_{2r} и т. д. Приращения координат ΔX и ΔY на этих участках будут равны:

$$\left. \begin{aligned} \Delta X_1 &= v_1 \Delta t_1 \cos \alpha_1 = \Delta S_1 \cos \alpha_1; \\ \Delta X_2 &= v_2 \Delta t_2 \cos \alpha_2 = \Delta S_2 \cos \alpha_2; \\ &\dots \dots \dots \\ \Delta X_n &= v_n \Delta t_n \cos \alpha_n = \Delta S_n \cos \alpha_n. \\ \sum_{i=1}^n \Delta X_i &= \sum_{i=1}^n v_i \Delta t_i \cos \alpha_i = \sum_{i=1}^n \Delta S_i \cos \alpha_i \end{aligned} \right\}$$

и

$$\left. \begin{aligned} \Delta Y_1 &= v_1 \Delta t_1 \sin \alpha_1 = \Delta S_1 \sin \alpha_1; \\ \Delta Y_2 &= v_2 \Delta t_2 \sin \alpha_2 = \Delta S_2 \sin \alpha_2; \\ &\dots \dots \dots \\ \Delta Y_n &= v_n \Delta t_n \sin \alpha_n = \Delta S_n \sin \alpha_n. \\ \sum_{i=1}^n \Delta Y_i &= \sum_{i=1}^n v_i \Delta t_i \sin \alpha_i = \sum_{i=1}^n \Delta S_i \sin \alpha_i \end{aligned} \right\}$$

Координаты объекта в любой момент могут быть получены алгебраическим суммированием исходных координат $X_{исх}$ и $Y_{исх}$ с приращениями координат $\sum \Delta X_i$ и $\sum \Delta Y_i$, то есть:

$$\left. \begin{aligned} X &= X_{исх} + \sum_{i=1}^n \Delta X_i = X_{исх} + \sum_{i=1}^n \Delta S_i \cos \alpha_i; \\ Y &= Y_{исх} + \sum_{i=1}^n \Delta Y_i = Y_{исх} + \sum_{i=1}^n \Delta S_i \sin \alpha_i. \end{aligned} \right\}$$

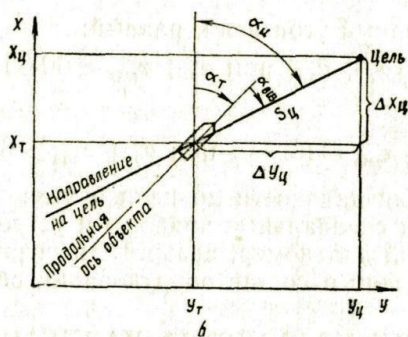
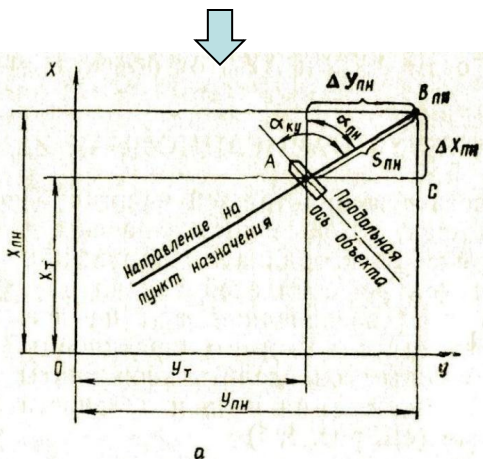
$$x_1 = x_0 + \Delta S_1 \cos \alpha_1;$$
$$y_1 = y_0 + \Delta S_1 \sin \alpha_1.$$

Из приведенных формул следует, что для решения первой навигационной задачи необходимо:

- непрерывно измерять скорость v движения объекта или соответствующее ей приращение пути $\Delta S = v\Delta t$;
- непрерывно измерять дирекционный угол α движущегося объекта;
- вычислять тригонометрические функции $\text{Sin}\alpha$ и $\text{Cos}\alpha$ дирекционного угла объекта;
- алгебраически суммировать приращения координат ΔX и ΔY как соответствующее произведение $\Delta S_i \cdot \text{sin}\alpha$ и $\Delta S_i \cdot \text{cos}\alpha$;
- суммировать полученные приращения координат с координатами исходной точки;
- регистрировать текущие координаты и текущий дирекционный угол, а при необходимости и пройденный объектом путь.

ВТОРАЯ НАВИГАЦИОННАЯ ЗАДАЧА

Исходными данными для решения второй навигационной задачи являются координаты $X_{пн}$ и $Y_{пн}$ пункта назначения и текущие координаты $X_{т}$ и $Y_{т}$ объекта.



Решение второй навигационной задачи:

а-схема взаимного расположения объекта и пункта назначения; б-схема взаимного расположения объекта и пункта назначения

Принцип решения второй навигационной задачи сводится к следующему:
Из прямоугольного треугольника ABC дальность до пункта назначения $S_{пн}$ и дирекционный угол $\alpha_{пн}$ на него определяются из соотношений:

$$S_{пн} = \sqrt{\Delta X_{пн}^2 + \Delta Y_{пн}^2} = \sqrt{(X_{пн} - X_{т})^2 + (Y_{пн} - Y_{т})^2}$$

и

$$\alpha_{пн} = \arctg \frac{\Delta Y_{пн}}{\Delta X_{пн}} = \arctg \frac{Y_{пн} - Y_{т}}{X_{пн} - X_{т}}.$$

В некоторых случаях вторая задача решается не в полном объеме, а ограничивается определением $\alpha_{пн}$ и приращений по координатным осям $\Delta X_{пн}$ и $\Delta Y_{пн}$ от объекта до пункта назначения.

ТРЕТЬЯ НАВИГАЦИОННАЯ ЗАДАЧА

Для объектов, предназначенных для ведения разведки и определения координат обнаруженных целей.

Входными данными для решения этой задачи являются дальность до цели $S_{ц}$ и угол визирования $\alpha_{виз}$ на нее. Зная текущие координаты объекта X_m и Y_m и его дирекционный угол a_m , представляется возможным определить координаты $X_{ц}$ и $Y_{ц}$ цели по углу визирования $\alpha_{виз}$ на цель и дальности $S_{ц}$ до нее.

$$\left. \begin{aligned} X_{ц} &= X_{т} + \Delta X_{ц} = X_{т} + S_{ц} \cos \alpha_{ц}; \\ Y_{ц} &= Y_{т} + \Delta Y_{ц} = Y_{т} + S_{ц} \sin \alpha_{ц}, \end{aligned} \right\} \quad \text{в)}$$

где $\alpha_{ц}$ — дирекционный угол цели, равный:

$$\alpha_{ц} = \alpha_{т} + \alpha_{виз} \quad \text{при} \quad \alpha_{т} + \alpha_{виз} < 60-00$$

или

$$\alpha_{ц} = \alpha_{т} + \alpha_{виз} - (60-00) \quad \text{при} \quad \alpha_{т} + \alpha_{виз} > 60-00.$$

ПРИНЦИП УСТРОЙСТВА НАВИГАЦИОННОЙ АППАРАТУРЫ И ЕЕ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ

Танковая навигационная аппаратура состоит из следующих основных групп приборов и устройств:

- датчиков первичной информации;
- счетно-решающих приборов;
- корректирующих устройств;
- устройства ввода информации;
- устройства выходной информации;
- устройства встроенного контроля;
- блоков питания.

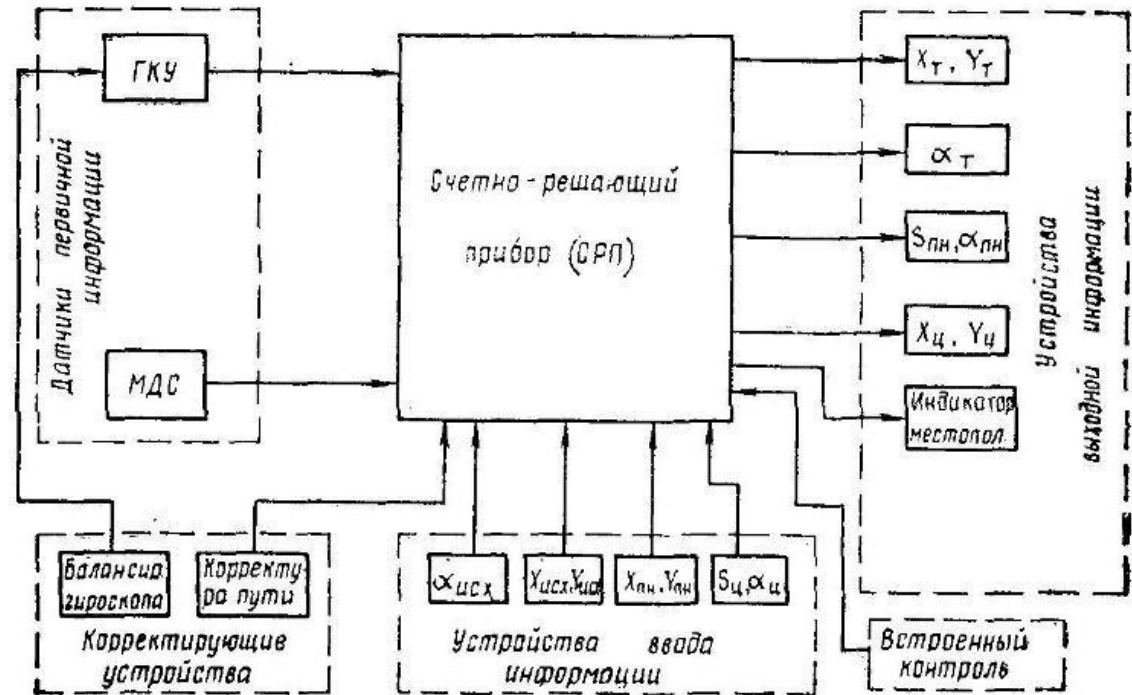


Рис. 2. Функциональная схема навигационной аппаратуры

Назначение приборов и устройств

Датчики первичной информации преобразуют линейные и угловые перемещения объекта в электрические сигналы.

группа гиросуказателей
(ГКУ)



в качестве гиросуказателей применяются трехстепенные гироскопические приборы, которые вырабатывают электрический сигнал, пропорциональный изменению дирекционного угла объекта

группу механических датчиков скорости (МДС).



механические датчики скорости электромеханического или электронного типа предназначены для выработки электрического сигнала, пропорционального пути и скорости объекта

Назначение приборов и устройств (продолжение)

Счетно-решающие приборы предназначены для обработки сигналов датчиков первичной информации по заданным алгоритмам.

Корректирующие устройства служат для компенсации погрешностей, возникающих при работе датчиков первичной информации.

Устройство ввода информации служит для ввода исходных данных, необходимых для работы навигационной аппаратуры.

Устройство выходной информации служит для автоматического отображения вырабатываемой в СРП навигационной информации.

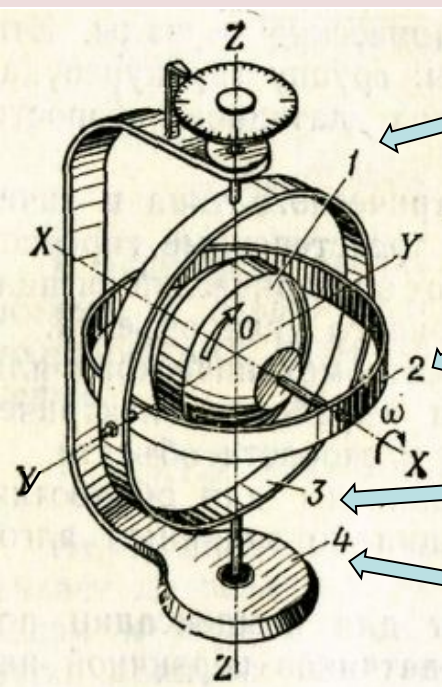
Встроенный контроль обеспечивает проверку исправности основных систем, узлов и приборов навигационной аппаратуры и ее готовности к работе.

Блоки питания обеспечивают электропитанием приборы навигационной аппаратуры.

ГИРОКУРСОУКАЗАТЕЛЬ

прибор одометрической наземной навигационной аппаратуры с гироскопическим чувствительным элементом, предназначенный для выработки информации об изменении дирекционного угла объекта.

В качестве чувствительного элемента используется **гироскоп** с тремя степенями свободы. Под гироскопом понимается тяжелый симметричный маховик, вращающийся с большой частотой, одна из точек которого неподвижна.



Ротор 1 гироскопа с большой угловой скоростью ω вращается вокруг оси $X-X$, называемой главной осью гироскопа.

Карданов подвес 2, состоящий из двух рамок, обеспечивает свободу вращения ротора гироскопа вокруг неподвижной точки.

В **наружную рамку 3** установлена главная ось, которая может поворачиваться вокруг оси $Y-Y$.

Наружная рамка вместе с внутренней и ротором может поворачиваться вокруг оси $Z-Z$ относительно **основания 4**.

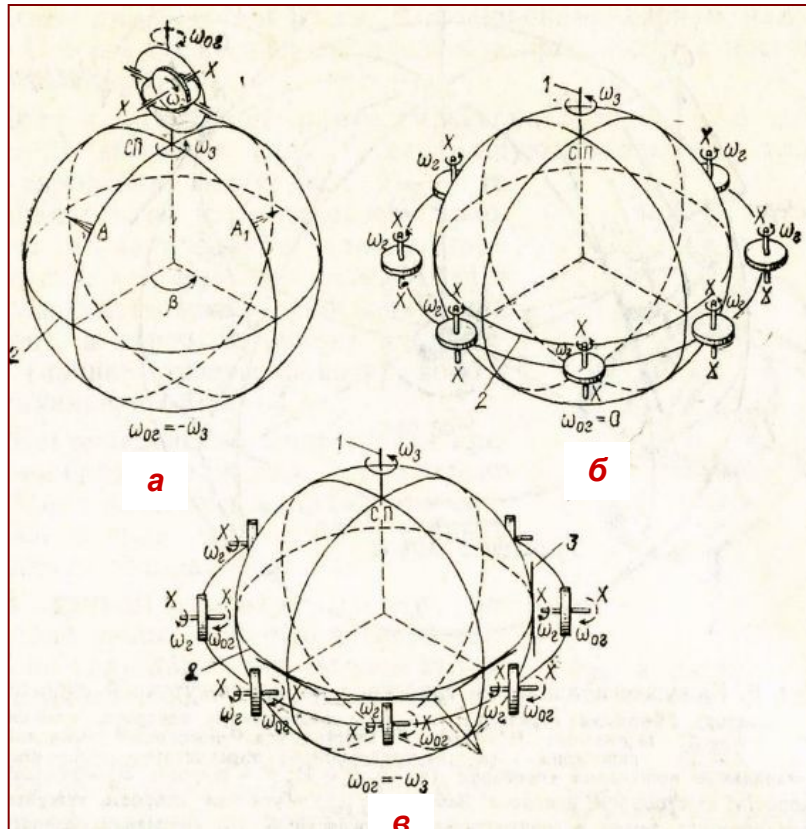
Схема гироскопа с тремя степенями свободы:

- 1- ротор;
- 2-внутренняя рамка;
- 3-наружная рамка;
- 4-основание

Оси $X-X$, $Y-Y$ и $Z-Z$ перпендикулярны и пересекаются в одной точке O , являющейся неподвижной. Карданов подвес обеспечивает ротору гироскопа свободу вращения относительно трех осей, поэтому гироскоп, установленный в кардановом подвесе, называют гироскопом с тремя степенями свободы или свободным (гироскоп, у которого сумма моментов внешних сил по любой его оси равна нулю).

Первое свойство гироскопа

Так как главная ось гироскопа сохраняет неизменным первоначальное положение в мировом пространстве, то по отношению к земным ориентирам с течением времени наблюдается поворот главной оси гироскопа.



А

Главная ось $X - X$ гироскопа находится в плоскости горизонта и первоначально совпадает с направлением меридиана A .
В результате суточного вращения Земли этот меридиан повернется на угол β , а главная ось гироскопа не изменит своего направления. Наблюдателю, находящемуся на Северном полюсе, будет казаться, что главная ось гироскопа повернулась в горизонтальной плоскости на угол ρ в сторону, противоположную направлению вращения Земли. Поворот оси $X - X$ на 360° совершится за 24 ч. ($\omega_{ог} = \omega_3$).

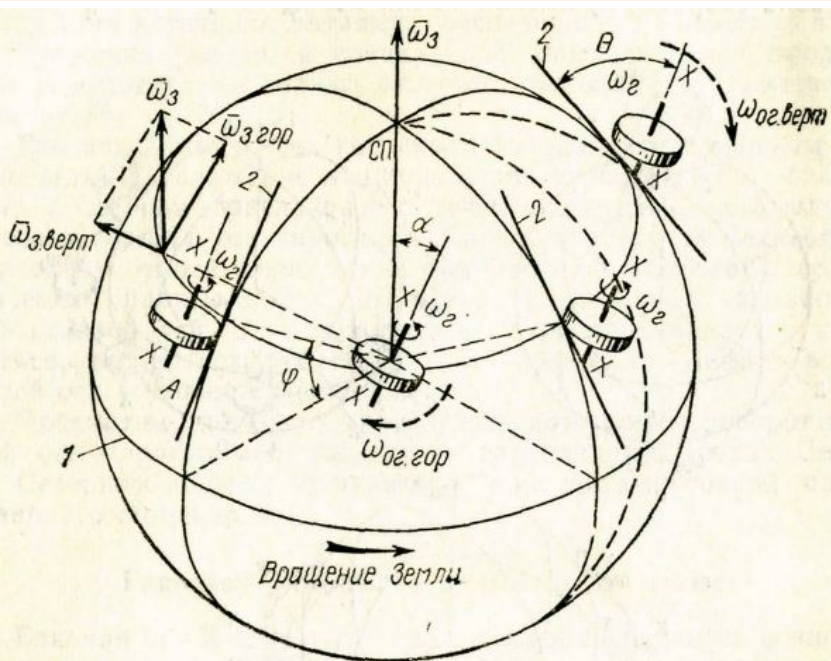
Б

Главная ось $X-X$ гироскопа находится в плоскости горизонта и направлена с севера на юг (параллельна меридиану). Никакого кажущегося поворота главной оси гироскопа наблюдатель не обнаружит ($\omega_{ог} = 0$).

В

Главная ось $X-X$ гироскопа первоначально находится в плоскости горизонта и направлена перпендикулярно меридиану (т. е. в плоскости экватора). В результате суточного вращения Земли наблюдателю на экваторе будет казаться, что восточный конец главной оси $X-X$ будет подниматься над горизонтом и через 6 ч займет вертикальное положение. Скорость кажущегося подъема главной оси $X-X$ гироскопа $\omega_{ог}$ равна скорости вращения Земли

Первое свойство гироскопа (продолжение)



В начальный момент главная ось X-X гироскопа находится в плоскости горизонта и направлена с юга на север, т. е. вдоль меридиана. В результате суточного вращения Земли северный конец главной оси гироскопа будет поворачиваться к востоку относительно направления меридиана и одновременно подниматься над плоскостью горизонта.

Кажущееся движение гироскопа на промежуточной широте:

1 — экватор; 2 — линия горизонта; α — угол кажущегося поворота главной оси X-X гироскопа; θ — угол кажущегося поворота главной оси X-X гироскопа в вертикальной плоскости; A — первоначальное положение гироскопа ($\alpha = 0, \theta = 0$); φ — широта; ω_3 — угловая скорость кажущегося поворота Земли; $\omega_{3\text{гор}}$ — угловая скорость кажущегося поворота Земли в горизонтальной плоскости; $\omega_{3\text{верт}}$ — угловая скорость кажущегося поворота Земли в вертикальной плоскости; $\omega_{\text{г}}$ — угловая скорость кажущегося поворота ротора гироскопа; $\omega_{\text{оггор}}$ — угловая скорость кажущегося поворота главной оси гироскопа в горизонтальной плоскости; $\omega_{\text{огверт}}$ — угловая скорость кажущегося поворота главной оси гироскопа в вертикальной плоскости; СП — Северный полюс

Вывод: для превращения свободного астатического гироскопа в указатель направления относительно земных ориентиров необходимо компенсировать влияние на гироскоп вращения Земли, т. е. устранить кажущийся поворот главной оси гироскопа вокруг вертикальной оси (по азимуту) и удерживать главную ось в плоскости горизонта.

Второе свойство гироскопа

(прецессия)

Принцип второго свойства гироскопа (прецессии)



Под действием внешней силы, приложенной к внутренней или внешней рамке карданова подвеса и создающей момент, не совпадающий по направлению с главной осью гироскопа, последняя будет поворачиваться не по направлению действия приложенной силы, а в перпендикулярном направлении. Причем прецессионное движение происходит с постоянной угловой скоростью.

В существующих гироскопах эти задачи решаются соответственно азимутальным и горизонтирующим корректирующими устройствами.

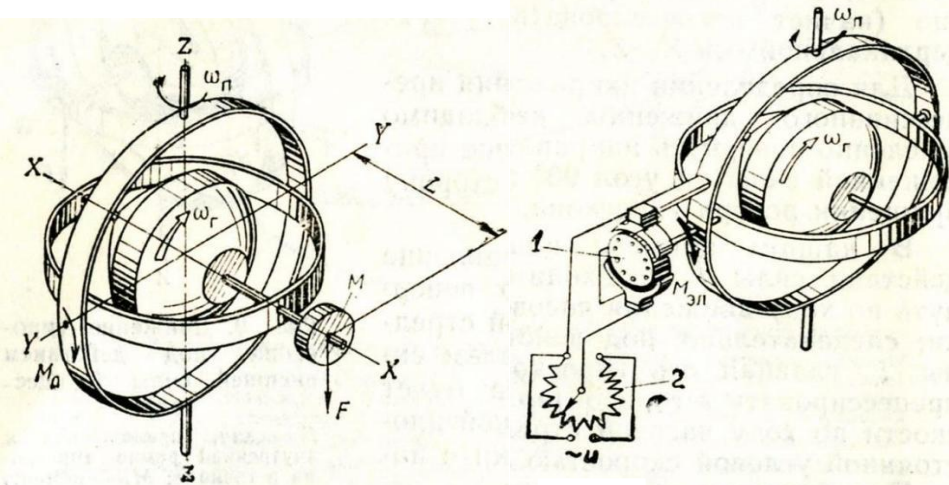


Схема гироскопа с механическим азимутальным корректирующим устройством:

M — груз; ω_p — угловая скорость прецессии гироскопа; ω_g — угловая скорость гироскопа; F — сила тяжести; M_0 — момент прецессии; l — плечо

Схема гироскопа с электрическим азимутальным корректирующим устройством:
1 — корректирующий электродвигатель; 2 — потенциометр широтной балансировки; ω_p — угловая скорость прецессии гироскопа; ω_g — угловая скорость гироскопа; $M_{эл}$ — момент электродвигателя

Азимутальное корректирующее устройство (азимутальный корректор) предназначено для удержания главной оси гироскопа неподвижно относительно земных ориентиров по азимуту.

Горизонтирующее устройство предназначено для удержания главной оси гироскопа, неподвижной в плоскости горизонта.

СЧЕТНО-РЕШАЮЩИЕ ПРИБОРЫ

Счетно-решающий прибор должен непрерывно решать следующие задачи:

- вычислять тригонометрические функции $\cos\alpha$ и $\sin\alpha$ дирекционного угла движущегося объекта;
- вычислять приращение пути с учетом коэффициента корректуры пути;
- производить умножение приращений пути на косинус и синус текущего дирекционного угла, т. е. вычислять приращения прямоугольных координат;
- производить суммирование приращений прямоугольных координат.

Для решения этих задач в счетно-решающих приборах механического типа соответственно имеются следующие механизмы:

- синусно-косинусный построитель;
- механизм корректуры пути;
- множительные механизмы;
- шкальный механизм.

СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИНХРОННОЙ ПЕРЕДАЧИ УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Применяются в тех случаях, когда требуется передать на расстояние изменение угловой величины или осуществить синхронное вращение двух или нескольких механически не связанных валов (так называемые самосинхронизирующиеся системы передачи на однофазном переменном токе, строящиеся на сельсинах).

Система синхронной передачи состоит из **трех** элементов:

- задающего устройства, которое называется датчиком синхронной передачи;
- линий связи;
- принимающего устройства, называемого приемником.