Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт»

Кафедра приборов и систем ориентации и навигации

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине

«Навигационные приборы и системы»

Лабораторная работа

ФИЗИЧЕСКОЕ ГИРОКОМПАСИРОВАНИЕ ИНС ПОЛУАНАЛИТИЧЕСКОГО ТИПА

Составитель Мелешко В.В.

Киев 2010

ФИЗИЧЕСКОЕ ГИРОКОМПАСИРОВАНИЕ ИНС ПОЛУАНАЛИТИЧЕСКОГО ТИПА

1. **Цель работы** – изучение режима начальной выставки в азимуте, его свойств и характеристик.
2. **Основные теоретические сведения**

Перед началом рабочего режима любая ИНС проходит начальную выставку. Для платформенной системы это горизонтирование платформы, а затем выставка относительно направления на Север, называемая гирокомпасированием.

При физическом гирокомпасировании гиростабилизированная платформа работает так же, как гирокомпас с косвенным управлением. При отклонении заданной оси платформы от направления горизонтальной составляющей вектора угловой скорости вращения Земли U_η платформа получает видимый уход, который воспринимает акселерометр. По сигналам акселерометра производится управление платформой в азимутальном и горизонтальном каналах.

Введем следующие системы координат (СК) (рис. 1.1):

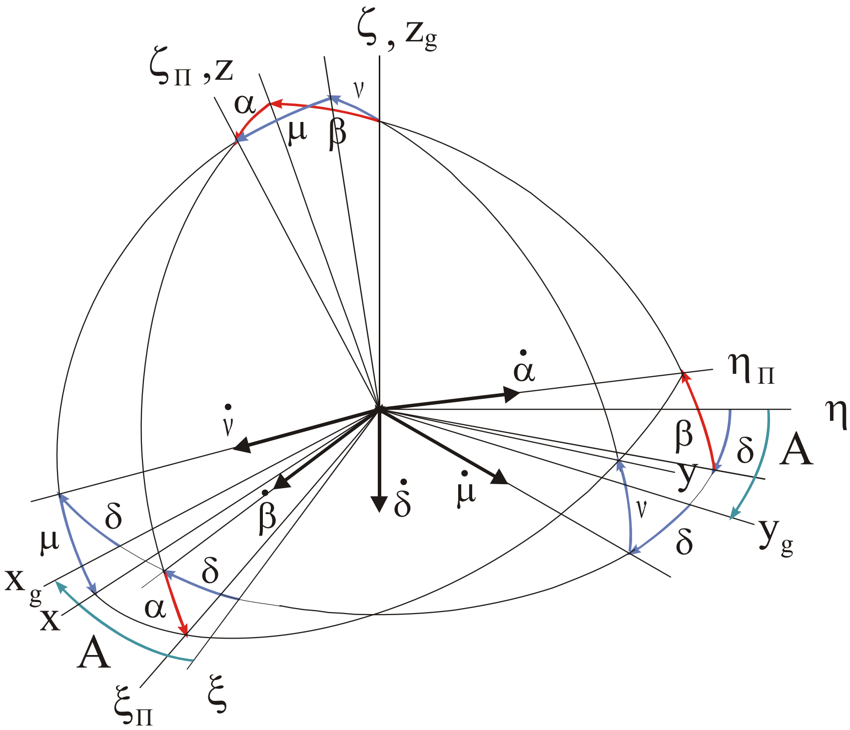

Рис 1.1. Кинематический чертеж.

$\xi\eta\zeta$ – географическая сопровождающая система координат;

$x_g y_g z_g$ – повернутая на азимутальный угол A горизонтальная СК;

xyz - связанная с платформой СК;

$\xi_П \eta_П \zeta_П$ – моделирующая систему $\xi\eta\zeta$ приборная СК (связанная с платформой).

Отметим, что в условиях неподвижного относительно Земли основания система $\xi\eta\zeta$ вращается с угловой скоростью вращения Земли U. Проекции U на $\xi\eta\zeta$ будут:

$$U_\eta = U\cos\varphi,$$

$$U_\zeta = U\sin\varphi,$$

где φ – широта места.

Система $x_g y_g z_g$ вращается относительно $\xi\eta\zeta$ с угловой скоростью:

$$U_\zeta = -\dot{A}.$$

Положение системы xyz относительно $x_g y_g z_g$ зададим углами δ, ν, μ. Угол δ соответствует отклонению в азимуте, ν, μ – отклонения от плоскости горизонта.

Положение системы $\xi_П \eta_П \zeta_П$ относительно $\xi\eta\zeta$ зададим углами δ, β, α где углы β и α также определяют положение платформы относительно плоскости горизонта.

Направляющие косинусы систем координат при малых углах $\delta, \alpha, \beta, \mu, \nu$ (менее 15°) приведены в таблицах 1.1, 1.2.

Табл. 1.1.

	ξ	η	ζ
$\xi_П$	1	$-\delta$	$-\alpha$
$\eta_П$	δ	1	β
$\zeta_П$	α	$-\beta$	1

Табл. 1.2.

	X_g	Y_g	Z_g
X	1	$-\delta$	$-\mu$
Y	δ	1	ν
Z	μ	$-\nu$	1

Схема управления платформой в рассматриваемом режиме показана на рис.1.2.

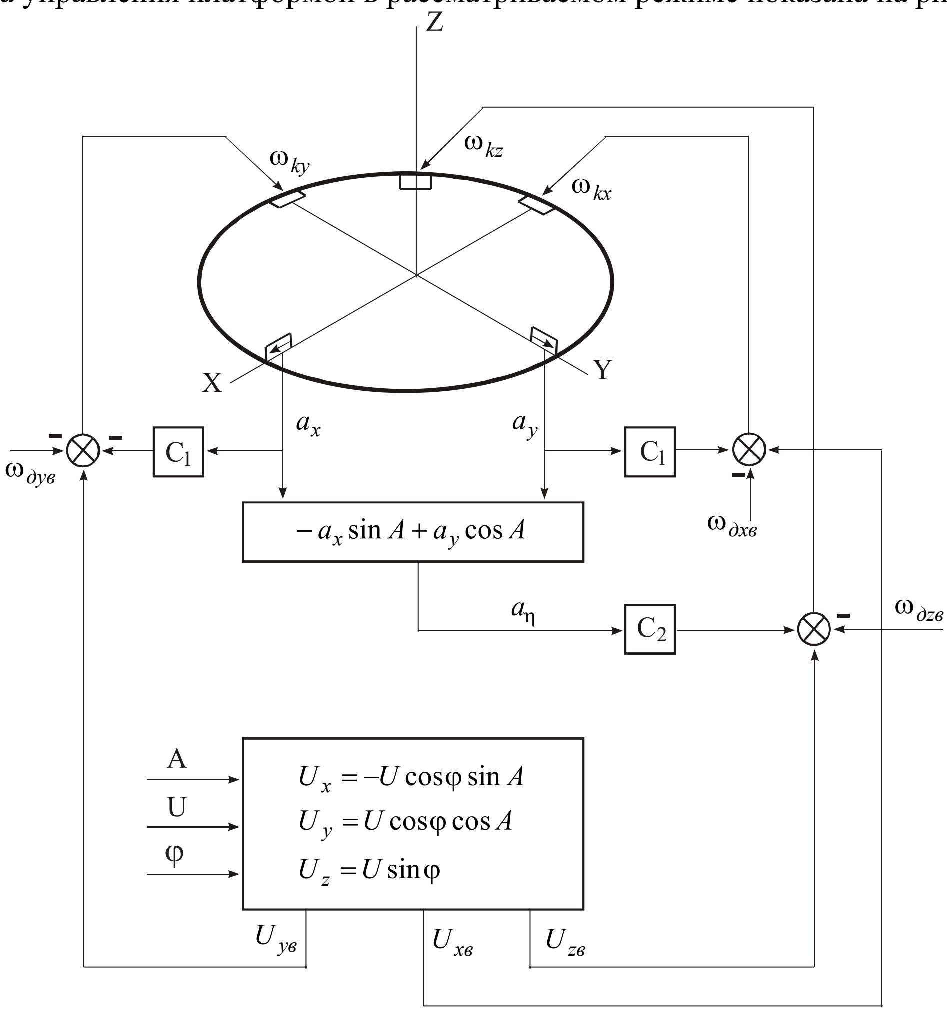

Рис. 1.2. Структурная схема ИНС в режиме гирокомпасирования

Здесь

a_x, a_y – кажущиеся ускорения, измеряемые акселерометрами, установленными по осям xy платформы; a_η (обозначается также a_N) – северная составляющая кажущегося ускорения;

ω_{kx}, ω_{ky}, ω_{kz} – формируемые системой управления угловые скорости коррекции платформы относительно осей xyz;

c_1, c_2 – коэффициенты передачи горизонтального и азимутального каналов коррекции;

$U_{x\text{в}}$, $U_{y\text{в}}$, $U_{z\text{в}}$ – вычисленные значения составляющих угловой скорости вращения системы $x_g y_g z_g$;

$\omega_{\partial x\text{в}}$, $\omega_{\partial y\text{в}}$, $\omega_{\partial z\text{в}}$ – угловые скорости дрейфов гироскопов, определенные (вычисленные) при калибровке системы;

A, φ, U – вводимые значения азимутального угла, широты и угловой скорости вращения Земли.

На рис.1.3 приведены соответствующие оси СК, углы поворота, угловые скорости. Причем все они показаны в горизонтальной плоскости, что вполне допустимо с учетом малости углов α, β, μ, ν.

В соответствии с рис.1.2 угловые скорости коррекции платформы запишем в виде:

$$\begin{aligned} \omega_{kx} &= U_{x\text{в}} - \omega_{\partial x\text{в}} + c_1 a_y, \\ \omega_{ky} &= U_{y\text{в}} - \omega_{\partial y\text{в}} - c_1 a_x, \\ \omega_{kz} &= U_{z\text{в}} - \omega_{\partial z\text{в}} + c_2 a_\eta, \end{aligned} \tag{1.6}$$

где $a_\eta = a_y \cos A - a_x \sin A$.

Составим уравнения движения платформы, приравнивая сумму относительной и переносной скорости движения абсолютной скорости.

В результате

$$\begin{aligned} \dot{\mu} &= \omega_{ky} + \omega_{\partial y} - U_y - \nu \cdot U_z - \delta \cdot U_x, \\ \dot{\nu} &= \omega_{kx} + \omega_{\partial x} - U_x + \mu \cdot U_z + \delta \cdot U_y, \\ \dot{\delta} &= -\omega_{kz} - \omega_{\partial z} + U_z - \nu \cdot U_y + \mu \cdot U_x, \end{aligned} \tag{1.5}$$

где $\omega_{\partial x}$, $\omega_{\partial y}$, $\omega_{\partial z}$ – угловые скорости дрейфа платформы,

U_x, U_y, U_z – составляющие угловой скорости вращения базиса $x_g y_g z_g$:

$$\begin{aligned} U_x &= -U \cos\varphi \sin A, \\ U_y &= U \cos\varphi \cos A, \\ U_z &= U \sin\varphi. \end{aligned}$$

Запишем выражения для кажущегося ускорения с учетом известного соотношения $a = W - g$, где W - абсолютное ускорение, g - гравитационное ускорение.

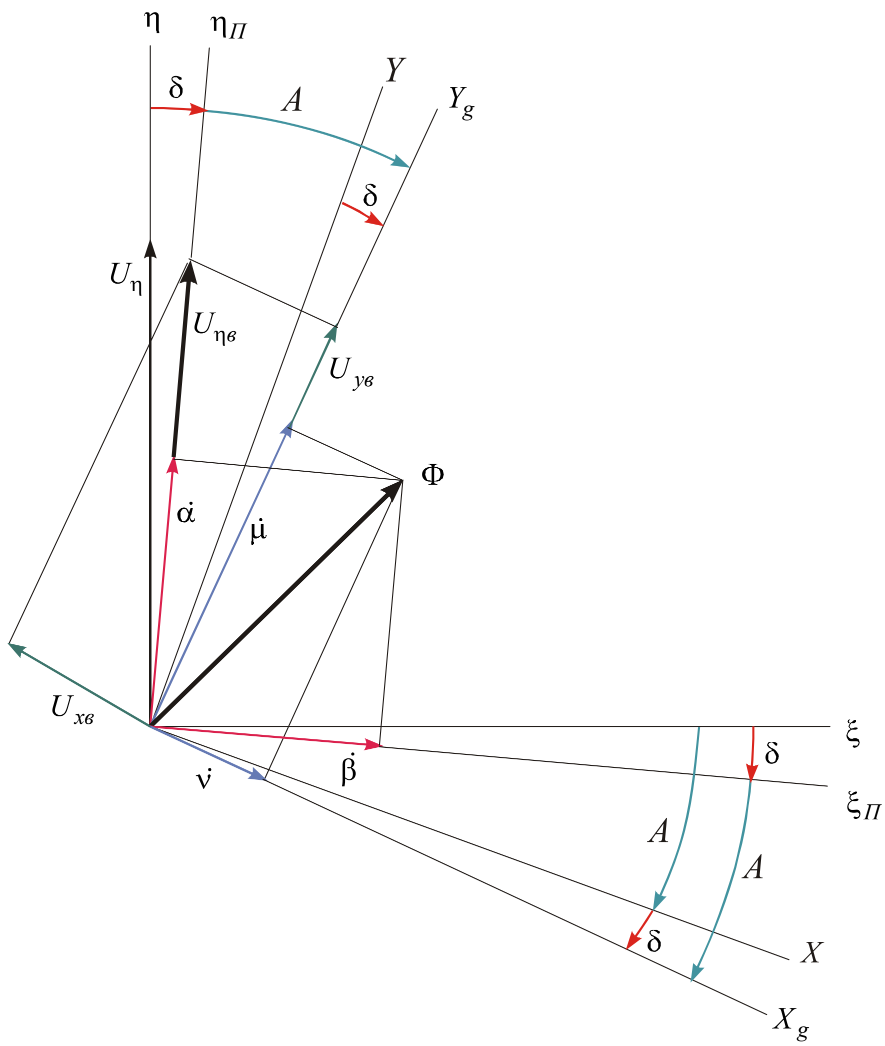

Рис. 1.3. Параметры углового положения платформы.

В условиях неподвижного относительно Земли основания акселерометры будут реагировать на вектор g ускорения силы тяжести:

$$a_x = -g \cdot \mu, \qquad a_y = g \cdot \nu \tag{1.7}$$

С учетом погрешностей измерения Δa_x и Δa_x

$$a_x = -g \cdot \mu + \Delta a_x, \qquad a_y = g \cdot \nu + \Delta a_y \tag{1.8}$$

Подставим в (1.6) выражения (1.5). Тогда

$$\begin{aligned}
\dot{\mu} &= -c_1 a_x + U_{ув} - \omega_{дув} + \omega_{дy} - U_y - \nu \cdot U_z - \delta \cdot U_x, \\
\dot{\nu} &= c_1 a_y + U_{хв} - \omega_{дув} + \omega_{дх} - U_x + \mu \cdot U_z + \delta \cdot U_y, \\
\dot{\delta} &= -\left(c_2 a_\eta + U_{zв} - \omega_{дzв}\right) - \omega_{дz} + U_z - \nu \cdot U_y + \mu \cdot U_x,
\end{aligned} \tag{1.9}$$

Введем обозначения

$$\Delta U_x = U_{хв} - U_x, \qquad \Delta U_y = U_{ув} - U_y, \qquad \Delta U_z = U_{zв} - U_z$$

$$\Delta\omega_{\partial x} = \omega_{\partial x в} - \omega_{\partial x}, \qquad \Delta\omega_{\partial y} = \omega_{\partial y в} - \omega_{\partial y}, \qquad \Delta\omega_{\partial z} = \omega_{\partial z в} - \omega_{\partial z}$$

а также соотношения:

$$c_1 a_x = -c_1 g \cdot \mu = c_Г \mu,$$
$$c_1 a_y = c_1 g \cdot \nu = -c_Г \mu,$$

где $c_Г = -c_1 g$;

$$c_2 a_\eta = c_2 (g \cdot \nu \cos A + g \cdot \mu \sin A) = c_a (\nu \cos A + \mu \sin A), \qquad (1.10)$$

где $c_a = c_2 g$.

Из рис.1.3 можно увидеть, что вектор угловой скорости вращения относительно горизонтальной плоскости $\vec{\Phi}$, может быть разложен (приблизительно) на составляющие $\dot{\alpha}, \dot{\beta}, \dot{\mu}, \dot{\nu}$.

Соотношения составляющих определяется выражениями:

$$\begin{aligned} \dot{\nu} \cos A + \dot{\mu} \sin A &= \dot{\beta}, \qquad \nu \cos A + \mu \sin A = \beta, \\ -\dot{\nu} \sin A + \dot{\mu} \cos A &= \dot{\alpha}, \quad -\nu \sin A + \mu \cos A = \alpha. \end{aligned} \qquad (1.11)$$

Тогда (1.10) можно записать $c_2 a_\eta = c_a \beta$.

После подстановок (1.9) преобразуем к виду

$$\begin{aligned} \dot{\mu} &= -c_Г \mu + \Delta U_y - \Delta\omega_{\partial y} - \nu \cdot U_z - \delta \cdot U_x, \\ \dot{\nu} &= -c_Г \nu + \Delta U_x - \Delta\omega_{\partial x} + \mu \cdot U_z + \delta \cdot U_y, \\ \dot{\delta} &= -c_a \beta - \Delta U_z + \Delta\omega_{\partial z} - \nu \cdot U_y + \mu \cdot U_x, \end{aligned} \qquad (1.12)$$

где $\beta = \nu \cos A + \mu \sin A$.

Здесь ΔU_i, $\Delta\omega_{\partial i}$ $(i = x, y, z)$ нескомпенсированные составляющие переносной угловой скорости системы $x_g y_g z_g$ и дрейфов платформы.

Наличие таких составляющих обусловлено неточностью вычисления $U_{xв}, U_{yв}, U_{zв}$, в первую очередь, из-за погрешности ввода широты:

$$\begin{aligned} U_{xв} &= -U \cos(\varphi + \Delta\varphi) \sin A, \\ U_{yв} &= U \cos(\varphi + \Delta\varphi) \cos A, \\ U_{zв} &= U \sin(\varphi + \Delta\varphi) \end{aligned} \qquad (1.13)$$

и неточностью калибровки дрейфов платформы.

Выражение (1.12) описывает движение платформы в азимуте, а также относительно плоскости горизонта по координатам μ и ν.

В литературе исследования проводятся часто для координат β и α. Преобразуем уравнение (1.12) с целью перехода к переменным α и β на основе соотношений (1.11).

В результате запишем:

$$\begin{aligned}
&\dot{\beta} = -c_{\Gamma}\beta + \Delta U_{\xi} - \Delta\omega_{\partial\xi} + \alpha \cdot U_z + \delta \cdot U_{\eta},\\
&\dot{\alpha} = -c_{\Gamma}\alpha + \Delta U_{\eta} - \Delta\omega_{\partial\eta} - \beta U_z - \delta \cdot U_{\xi},\\
&\dot{\delta} = -c_a\beta - \Delta U_z + \Delta\omega_{\partial z} - \beta \cdot U_{\eta} + \alpha \cdot U_{\xi},
\end{aligned} \tag{1.14}$$

где

$$\begin{aligned}
\Delta U_{\xi} &= \Delta U_x \cos A + \Delta U_y \sin A,\\
\Delta U_{\eta} &= -\Delta U_x \sin A + \Delta U_y \cos A,
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta\omega_{\partial\xi} &= \Delta\omega_{\partial x} \cos A + \Delta\omega_{\partial y} \sin A,\\
\Delta\omega_{\partial\eta} &= -\Delta\omega_{\partial x} \sin A + \Delta\omega_{\partial y} \cos A,
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
U_{\xi} &= U_x \cos A + U_y \sin A,\\
U_{\eta} &= -U_x \sin A + U_y \cos A.
\end{aligned}$$

Отметим, что при преобразовании использованы следующие из (1.11) соотношения:

$$\begin{aligned}
\nu &= \beta \cos A - \alpha \sin A,\\
\mu &= \beta \sin A + \alpha \cos A.
\end{aligned}$$

Если учесть, что для неподвижного основания $U_{\eta} = U\cos\varphi,\ U_{\zeta} = U\sin\varphi$, а $U_{\xi} = 0$ и, соответственно, $\Delta U_{\xi} = 0$ то получим окончательно:

$$\begin{aligned}
&\dot{\beta} = -c_{\Gamma}\beta - \Delta\omega_{\partial\xi} + \alpha \cdot U_z + \delta \cdot U_{\eta},\\
&\dot{\alpha} = -c_{\Gamma}\alpha - \Delta\omega_{\partial\eta} - \beta U_z + \Delta U_{\eta},\\
&\dot{\delta} = -c_a\beta + \Delta\omega_{\partial z} - \beta \cdot U_{\eta} - \Delta U_z.
\end{aligned} \tag{1.15}$$

Таким образом, исследование поведения платформы в режиме гирокомпасирования можно проводить по уравнениям (1.12) или (1.15)

Раскроем выражения $\Delta U_{\eta}, \Delta U_x, \Delta U_y, \Delta U_z$:

$$\begin{aligned}
&\Delta U_x = U_{x\text{в}} - U_x = -U\cos(\varphi + \Delta\varphi)\sin A + U\sin A\cos\varphi \approx U\sin\varphi\sin A\Delta\varphi,\\
&\Delta U_y = U_{y\text{в}} - U_y = U\cos(\varphi + \Delta\varphi)\cos A - U\cos A\cos\varphi \approx -U\sin\varphi\cos A\Delta\varphi,\\
&\Delta U_z = U_{z\text{в}} - U_z = U\sin(\varphi + \Delta\varphi) - U\sin\varphi \approx U\cos\varphi\Delta\varphi,\\
&\Delta U_{\eta} = -U\sin\varphi\Delta\varphi.
\end{aligned} \tag{1.16}$$

Если записать выражения (1.12) с учетом погрешностей акселерометров, то они получат вид:

$$\dot{\mu} = -c_{\Gamma}(\mu + \varepsilon_x) + \Delta U_y - \Delta\omega_{\partial y} - \nu \cdot U_z - \delta \cdot U_x,$$
$$\dot{\nu} = -c_{\Gamma}(\nu + \varepsilon_y) + \Delta U_x - \Delta\omega_{\partial x} + \mu \cdot U_z + \delta \cdot U_y, \qquad (1.17)$$
$$\dot{\delta} = -c_a\left[(\mu + \varepsilon_x)\cos A + (\nu + \varepsilon_y)\sin A\right] - \Delta U_z + \Delta\omega_{\partial z} - \nu \cdot U_y + \mu \cdot U_x,$$

где $\varepsilon_x = \dfrac{\Delta a_x}{g}$, $\varepsilon_y = \dfrac{\Delta a_y}{g}$.

Аналогично

$$\dot{\beta} = -c_{\Gamma}(\beta + \varepsilon_{\beta}) - \Delta\omega_{д\xi} + \alpha \cdot U_z + \delta \cdot U_{\eta},$$
$$\dot{\alpha} = -c_{\Gamma}(\alpha + \varepsilon_{\alpha}) - \Delta\omega_{д\eta} - \beta U_z + \Delta U_{\eta}, \qquad (1.18)$$
$$\dot{\delta} = -c_a(\beta + \varepsilon_{\beta}) + \Delta\omega_{дz} - \beta \cdot U_{\eta} - \Delta U_z,$$

где $\varepsilon_{\beta} = \varepsilon_x \sin A + \varepsilon_y \cos A$;

$\varepsilon_{\alpha} = \varepsilon_x \cos A - \varepsilon_y \sin A$

Решения систем (1.17), (1.18) могут быть получены в аналитическом виде, например, в операторной форме методом Крамера. Однако решения получаются громоздкими и трудно обозримыми. Их целесообразно моделировать на ЭВМ.

Системы (1.17), (1.18), равно как и (1.12), (1.14) можно упростить, если учесть, что режиму гирокомпасирования предшествует горизонтирование платформы и в процессе гирокомпасирования после этого отклонения от плоскости горизонта (μ, ν или α, β) не превышают единиц угловых минут. Удельные скорости коррекции c_{Γ}, c_a больше переносных угловых скоростей.

Пренебрегая в первом и втором уравнениях членами перекрестных связей, будем рассматривать их как независимые. Например, в (1.18) пренебрежем членами перекрестной связи βU_z, αU_z, βU_{η}. Тогда можно исследовать движение платформы по системе:

$$\dot{\beta} = -c_{\Gamma}(\beta + \varepsilon_{\beta}) - \Delta\omega_{\partial\xi} + \delta \cdot U_{\eta},$$
$$\dot{\delta} = -c_a(\beta + \varepsilon_{\beta}) + \Delta\omega_{\partial z} - \Delta U_z, \qquad (1.19)$$

На рис.1.4 приведены графики изменения углового положения платформы для одного примера параметров режима гирокомпасирования.

Решим систему (1.19) методом подстановки. Выразим β из второго уравнения:

$$\beta = -\left(\dot{\delta} - \Delta\omega_{\partial z} + \Delta U_z\right)/c_a - \varepsilon_{\beta}.$$

Подставим в первое уравнение $\dot{\beta} = -\dfrac{1}{c_a}\ddot{\delta}$,

$$\ddot{\delta} + c_{\Gamma}\dot{\delta} + c_a U_{\eta}\delta = c_{\Gamma}\Delta\omega_{\partial z} - c_{\Gamma}\Delta U_z + c_a\Delta\omega_{\partial\xi} \qquad (1.20)$$

Моделирование режима гирокомпасирования платформы по уравнениям (2.15)

Заданные параметры:

Широта места	(град.)	*70*
Погрешность ввода широты	(град.)	*0.002*
Коэф-нт передачи азим. канала	(1/с)	*200*
Коэф-нт передачи гориз. канала	(1/с)	*0.1*
Погрешность акселер. по x×(g)	(m/c^2)	*1e-005*
Погрешность акселер. по y×(g)	(m/c^2)	*1e-005*
Азимутальный угол А	(град.)	*45*
Нескомпенсированный дрейф по x	(град./час)	*0.01*
Нескомпенсированный дрейф по y	(град./час)	*0.01*
Нескомпенсированный дрейф по z	(град./час)	*0.01*

Вычисленные параметры (угл.мин.): $\delta_y = 9.45661$

$\beta_y = -0.0486163$

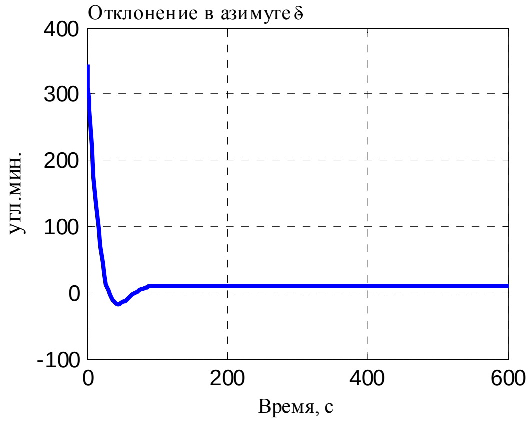

Рис.1.4. Параметры гирокомпасирования

С учетом того, что $\Delta U_z = U\cos\varphi \cdot \Delta\varphi$, частное решение:

$$\delta_y = \frac{c_\Gamma}{c_a U\cos\varphi}\Delta\omega_{\partial z} - \frac{c_\Gamma}{c_a}\Delta\varphi + \frac{1}{U\cos\varphi}\Delta\omega_{\partial\xi} \tag{1.21}$$

Общее решение уравнения (1.20) может быть записано в виде:

$$\delta = e^{-ht}\left[\left(\delta_0 - \delta_y\right)\cos\omega t + \frac{\dot{\delta}_0 + h\left(\delta_0 - \delta_y\right)}{\omega}\sin\omega t\right] + \delta_y, \tag{1.22}$$

где $\quad h = \dfrac{c_\Gamma}{2}$, $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - h^2}$, $\omega_0^2 = c_a U_\eta$,

при условии, что $\omega_0 > h$.

δ_0 и $\dot{\delta}_0$ - начальные значения при $t = 0$.

Если $h > \omega_0$, мы получим апериодический характер движения. В этом случае корни характеристического уравнения для (1.20) будут

$$p_{1,2} = -h \pm \sqrt{h^2 - \omega_0^2}$$

Общее решение уравнения запишем в виде

$$\delta = C_1 e^{p_1 t} + C_2 e^{p_2 t} + \delta_y \qquad (1.24)$$

где C_1, C_2 - постоянные интегрирования:

$$C_1 = \delta_0 - \delta_2 - \frac{\dot{\delta}_0 - \left(\delta_0 - \delta_y\right) p_1}{p_2 - p_1}; \qquad C_2 = \frac{\dot{\delta}_0 - \left(\delta_0 - \delta_y\right) p_1}{p_2 - p_1}$$

При $h = \omega_0$ корни уравнения $p_{1,2} = -h$ а решение будет:

$$\delta = \left(C_1 + C_2 t\right) e^{pt} + \delta_y \ ,$$

где $C_1 = \delta_0 - \delta_y$,

$C_2 = \dot{\delta}_0 + \left(\delta_0 - \delta_y\right) h$.

Продолжая метод подстановки, получим:

$$\ddot{\beta} + c_\Gamma \dot{\beta} + c_a U_\eta \beta = -c_a U_\eta \varepsilon_\beta + \Delta\omega_{\partial z} U_\eta - \Delta U_z U_\eta ,$$

$$\beta_y = -\varepsilon_\beta + \frac{1}{c_a}\left(\Delta\omega_{\partial z} - U \cos\varphi \cdot \Delta\varphi\right) \qquad (1.25)$$

Вид общих решений нетрудно получить самостоятельно.

Как показывает анализ решений, точность гирокомпасирования $\left(\delta_y\right)$ определяется величиной остаточных угловых скоростей дрейфов платформы $\Delta\omega_{\partial z}, \Delta\omega_{\partial x}, \Delta\omega_{\partial y}$, крутизной характеристик коррекции c_Γ и c_a, их соотношением, величиной широты φ, погрешностью ввода широты $\Delta\varphi$ и не зависит от погрешностей акселерометров:

$$\Delta a_x, \Delta a_y, \ \varepsilon_\beta = \frac{1}{g}\left(\Delta a_x \sin A + \Delta a_y \cos A\right).$$

Погрешности акселерометров влияют, как видно из (1.25), на погрешность горизонтирования, которая также зависит от погрешности ввода широты $\Delta\varphi$, самой широты φ и величины остаточного (нескомпенсированного) ухода платформы $\Delta\omega_{\partial z}$.

Время гирокомпасирования может быть определено для колебательного процесса (1.22) по формуле $t_\Pi = 5/h$, для апериодического процесса (1.24) - по формуле $t_\Pi = \dfrac{5}{-h + \sqrt{h^2 - \omega_0^2}}$.

Иногда характеристики системы коррекции определяют через постоянную времени T и относительный коэффициент затухания (демпфирования) ζ.

Для системы (1.19) можно записать характеристическое уравнение

$$p^2 + c_\Gamma p + U_\eta c_a = 0 .$$

Если записать его в другой форме, получим

$$T^2 p^2 + 2T\zeta p + 1 = 0,$$

где $T^2 = \dfrac{1}{U_\eta c_a}, \ 2T\zeta = \dfrac{c_\Gamma}{U_\eta c_a}$.

Отсюда $\zeta = \dfrac{c_\Gamma}{2\sqrt{U_\eta c_a}}$. Часто принимают $T = 30c,\ \zeta = 0,8.$

Крутизну систем азимутальной c_a и горизонтальной c_Γ коррекции можно определять из соотношений:

$$c_a = \frac{1}{T^2 U_\eta}, \qquad c_\Gamma = 2T\xi U_\eta c_a.$$

Например, если $T = 30c$, то $c_a = 22\,{}^1\!/_c,\ c_\Gamma = 0.08\,{}^1\!/_c,.$

3. Задания к работе

1. Исследовать режим гирокомпасирования (определить точность и время) по решениям системы (1.15) при варьировании параметров:

   $\varphi;\ \Delta\omega_{\partial x}, \Delta\omega_{\partial y}, \Delta\omega_{\partial z};\ c_a, c_\Gamma;\ \Delta\varphi, \Delta a_x, \Delta a_y, A.$

   Учесть при этом ограничения:

   $\delta < 0,4$, $\beta < 0,01$, $\dot{\delta}_{\max} = 0,2\,{}^1\!/_c$.
2. Сопоставить результаты с результатами моделирования по (1.19).
3. Исследовать для рассмотренных случаев движение платформы по координатам μ, ν (по системе (1.12)).
4. Промоделируйте режим гирокомпасирования с параметрами системы МИС-2.
5. Постройте фазовую траекторию движения платформы на картинной плоскости (параметров δ и β .

4. Контрольные вопросы

1. Что общего в работе гирокомпаса и инерциальной платформы в режиме физического гирокомпасирования?
2. Чем отличаются гирокомпас с косвенным управлением и инерциальная платформа в режиме гирокомпасирования?
3. Как участвуют двигатели стабилизации платформы в режиме гирокомпасирования?
4. В какие азимутальные положения может устанавливаться платформа?
5. Что будет, если использовать один из двух акселерометров платформы?
6. Чем отличается схема гирокомпасирования в лабораторной работе от схемы, рассмотренной на лекциях?
7. От чего зависит точность гирокомпасирования?
8. От чего зависит время гирокомпасирования?
9. При каких ограничениях справедливы используемые уравнения движения?
10. Проведите сравнение результатов моделирования с аналитическими оценками
11. Зачем в уравнениях используются две пары углов, описывающих отклонения платформы от плоскости горизонта?
12. Откуда берут составляющие дрейфа гироскопов, которые вводят в схему управления?
13. Как влияет точность акселерометра на погрешность и время гирокомпасирования?
14. В каком диапазоне меняется скорость азимутальной коррекции (рад./сек)?

5. Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать результаты выполнения моделирования в соответствии с заданием. Необходимо привести основные графики, характеризующие работу исследуемой системы, сделать краткое описание полученных результатов. Сделать выводы по работе.

6. Литература

1. Мелешко В. В. Инерциальные навигационные системы. Начальная выставка. – К.: Корнейчук, 1999. - 126 с.
2. Одинцов А. А. Теория и расчет гироскопических приборов. – К.: Вища школа, 1985. – 392 с.