

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

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИНС
С НЕПОСРЕДСТВЕННЫМ ОПРЕДЕЛЕНИЕМ ОРИЕНТАЦИИ
ОПОРНОГО ТРЕХГРАННИКА (ИНС ТИПА И-21)**

Составитель Мелешко В.В.

Киев 2010

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИНС С НЕПОСРЕДСТВЕННЫМ ОПРЕДЕЛЕНИЕМ ОРИЕНТАЦИИ ОПОРНОГО ТРЕХГРАННИКА (ИНС ТИПА И-21)

1. Цель работы – изучение основных свойств платформенной инерциальной навигационной системы полуаналитического типа, приобретение навыков моделирования и исследования ИНС.

2. Основные теоретические сведения

Отличительной особенностью ИНС типа И-21 является то, что она полусвободная в азимуте. Это значит, что коррекция платформы в азимуте осуществляется с угловой скоростью $U \sin \varphi$, но не вводится коррекция на $(V_E / R_1) \operatorname{tg} \varphi$. Это обеспечивает возможность отслеживания отклонения объекта относительно ортодромии. В этой ИНС опорным является трехгранник, связанный с ГСП в идеально работающей системе.

Уравнения идеальной работы

Матрица направляющих косинусов между осями гринвичской системы координат $\theta \varepsilon_\Gamma \eta_\Gamma \zeta_\Gamma$ и осями полусвободной в азимуте системы координат $\theta \varepsilon_0 \eta_0 \zeta_0$ (см. рис. 4.1) имеет вид:

	ξ_Γ	η_Γ	ζ_Γ
ξ_0	$b_{11} = -\sin \varphi \cos \lambda \sin \varepsilon - \sin \lambda \cos \varepsilon$	$b_{12} = -\sin \varphi \sin \lambda \sin \varepsilon + \cos \lambda \cos \varepsilon$	$b_{13} = \cos \varphi \sin \varepsilon$
η_0	$b_{21} = -\sin \varphi \cos \lambda \cos \varepsilon + \sin \lambda \sin \varepsilon$	$b_{22} = -\sin \varphi \sin \lambda \cos \varepsilon - \cos \lambda \sin \varepsilon$	$b_{23} = \cos \varphi \cos \varepsilon$
ζ_0	$b_{31} = \cos \lambda \cos \varphi$	$b_{32} = \sin \lambda \cos \varphi$	$b_{33} = \sin \varphi$

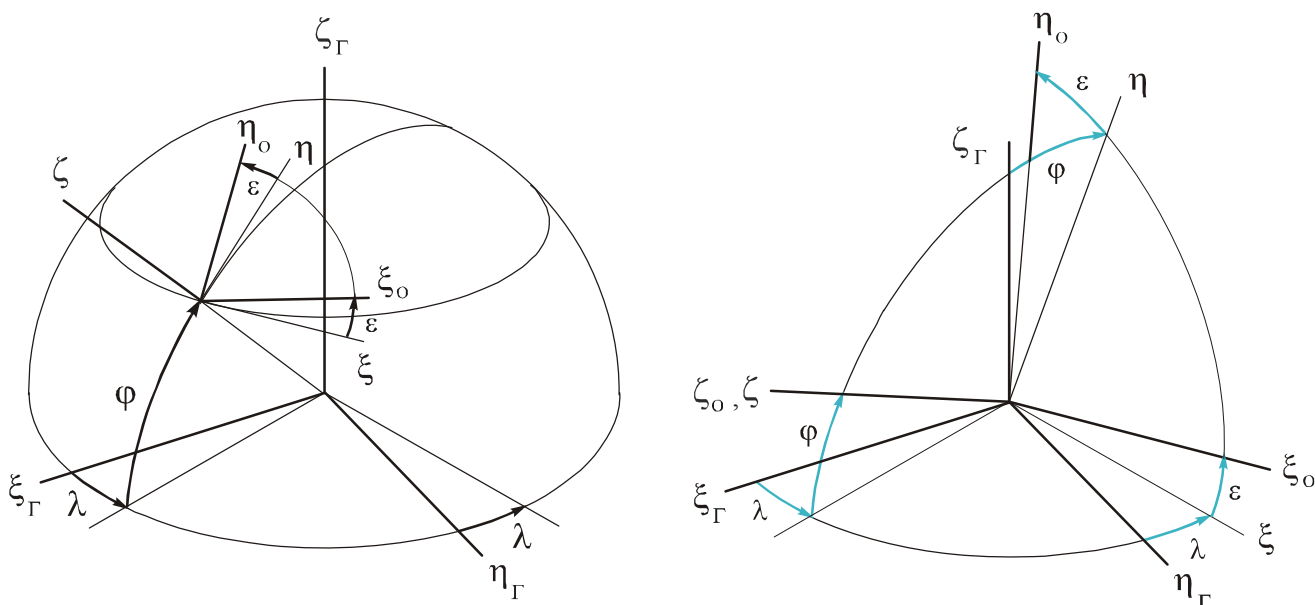
(4.1)


Рис. 4.1. Кинематический чертеж.

Трехгранник $0\varepsilon_0\eta_0\zeta$ движется с относительной угловой скоростью Ω , связанной с путевой скоростью V соотношением $\bar{V} = \bar{\Omega} \times \bar{R}$, где R - радиус кривизны земного эллипсоида в плоскости $0V\zeta$.

Проекция вектора Ω на оси трехгранника $0\varepsilon_0\eta_0\zeta_0$ представим в виде:

$$\Omega_{\xi_0} = -\frac{V_{\eta_0}}{R_{\eta_0}} - \frac{V_{\xi_0}}{a} e^2 b_{13} b_{23}, \quad \Omega_{\eta_0} = \frac{V_{\xi_0}}{R_{\xi_0}} - \frac{V_{\eta_0}}{a} e^2 b_{13} b_{23}.$$

Здесь R_{η_0} и R_{ξ_0} - радиусы кривизны нормальных сечений эллипсоида.

Далее пусть $\Omega_{\xi_0} = \Omega_1$, $\Omega_{\eta_0} = \Omega_2$. Величины, обратные радиусам кривизны, вычисляются по соотношениям:

$$\frac{1}{R_{\xi_0}} = \left(1 - \frac{1}{2} e^2 b_{33}^2 + \frac{1}{2} e^2 b_{13}^2 - \frac{h}{a} \right) / a;$$

$$\frac{1}{R_{\eta_0}} = \left(1 - \frac{1}{2} e^2 b_{33}^2 + \frac{1}{2} e^2 b_{23}^2 - \frac{h}{a} \right) / a,$$

где h - высота полета над уровнем моря.

Текущее положение трехгранника $0\varepsilon_0\eta_0\zeta$ определяется решением матричного кинематического уравнения Пуассона с начальными условиями $b_{ij}(0)$:

$$\dot{\mathbf{b}} = \Omega \mathbf{b}.$$

Матрица угловых скоростей Ω является кососимметричной матрицей, элементы которой равны проекциям вектора относительной угловой скорости Ω на оси $0\varepsilon_0\eta_0\zeta$:

$$\Omega = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -\Omega_2 \\ 0 & 0 & +\Omega_1 \\ +\Omega_2 & -\Omega_1 & 0 \end{bmatrix}.$$

Матрица b однозначно определяется шестью (из девяти) элементами, если априорно известно, какой части полусферы принадлежит начальное местоположение объекта. Остальные три элемента связаны функциональной зависимостью:

$$b_{11} = b_{22} b_{33} - b_{32} b_{23}$$

$$b_{21} = b_{32} b_{13} - b_{12} b_{33}.$$

$$b_{31} = b_{12} b_{23} - b_{13} b_{22}$$

Используя это обстоятельство, перепишем дифференциальное уравнение Пуассона:

$$\begin{bmatrix} \dot{b}_{12} & \dot{b}_{13} \\ \dot{b}_{22} & \dot{b}_{23} \\ \dot{b}_{32} & \dot{b}_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -\Omega_2 \\ 0 & 0 & +\Omega_1 \\ +\Omega_2 & -\Omega_1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} b_{12} & b_{13} \\ b_{22} & b_{23} \\ b_{32} & b_{33} \end{bmatrix}.$$

Матричное дифференциальное уравнение запишем в виде:

$$\begin{aligned} \dot{b}_{12} &= -\Omega_2 b_{32}; & \dot{b}_{23} &= \Omega_1 b_{33}; \\ \dot{b}_{13} &= -\Omega_2 b_{33}; & \dot{b}_{32} &= \Omega_2 b_{12} - \Omega_1 b_{22}; \\ \dot{b}_{22} &= \Omega_1 b_{32}; & \dot{b}_{33} &= \Omega_2 b_{13} - \Omega_1 b_{23}. \end{aligned}$$

Система И-21 представляет собой динамическую модель, отображающую относительное движение трехгранника $O\xi_0\eta_0\zeta$. Роль физического образа трехгранника $O\xi_0\eta_0\zeta$ выполняет гиросплатформа. Чтобы гиросплатформа следовала за трехгранником $O\varepsilon_0\eta_0\zeta$, ей сообщается абсолютная угловая скорость $\bar{\omega} = \bar{\Omega} + \bar{u}$, где \bar{u} - вектор угловой скорости вращения Земли.

Последнее выражение в проекциях на оси $O\varepsilon_0\eta_0\zeta$ имеет вид:

$$\omega_1 = \Omega_1 + u \cdot b_{13}; \quad \omega_2 = \Omega_2 + u \cdot b_{23}; \quad \omega_3 = u \cdot b_{33}.$$

Единственный входной сигнал, который поступает на систему, - абсолютное ускорение, измеренное акселерометрами. Однако для счисления координат должно использоваться относительное ускорение \dot{V} . Его получают исключением из абсолютного ускорения кориолисовых членов, вычисленных по данным счисления:

$$\begin{aligned} \dot{V}_{\xi_0} &= W_{\xi_0} - (\dot{h}(\Omega_2 + 2u_2) - 2u_3 V_{\eta_0}); \\ \dot{V}_{\eta_0} &= W_{\eta_0} - (2u_3 V_{\xi_0} - \dot{h}(\Omega_1 + 2u_1)). \end{aligned}$$

Навигационные данные формируются следующим образом:

Географические координаты:

$$\varphi = \arctg(b_{33} / \sqrt{b_{13}^2 + b_{23}^2}) \quad \text{в диапазоне } \pm 90^\circ;$$

$$\lambda = \arctg(b_{32} / b_{31}) \quad \text{в диапазоне } \pm 180^\circ;$$

Угол платформы $\varepsilon = \arctg(b_{13} / b_{23})$ в диапазоне $\pm 180^\circ$ ($0 \dots 360^\circ$);

Истинный курс $\kappa = \psi_\Gamma - \varepsilon$ в диапазоне $0 \dots 360^\circ$;

ψ_Γ - угол поворота платформы относительно объекта;

путевая скорость $V = \sqrt{V_{\xi_0}^2 + V_{\eta_0}^2}$ в диапазоне $\pm 0 \dots 4000$ км/ч.

Структурная схема ИНС изображена на рис. 4.3.

Уравнения реальной работы И-21.

Реальная навигационная система И-21 из-за инструментальных ошибок моделирует трехгранники, рассогласованные относительно истинного. Система координат $Oxyz$, связанная с гиросплатформой, рассогласована относительно сопровождающего трехгранника на малые углы $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ (см. рис. 4.2).

Матрицу преобразования координат при переходе от системы координат $O\xi_0\eta_0\zeta$ к системе $Oxyz$ запишем в виде:

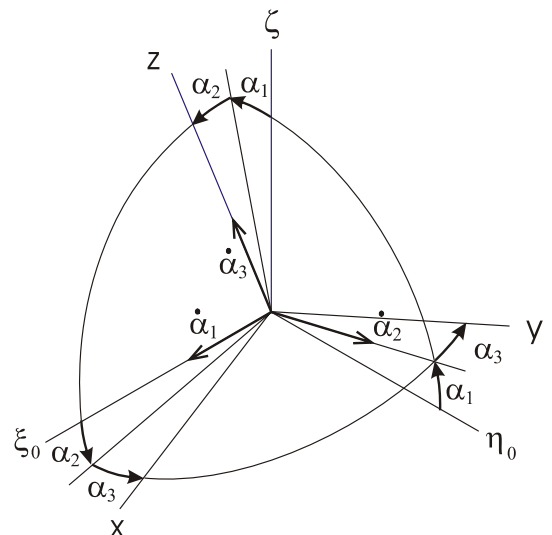


Рис.4.2. Кинематический чертеж

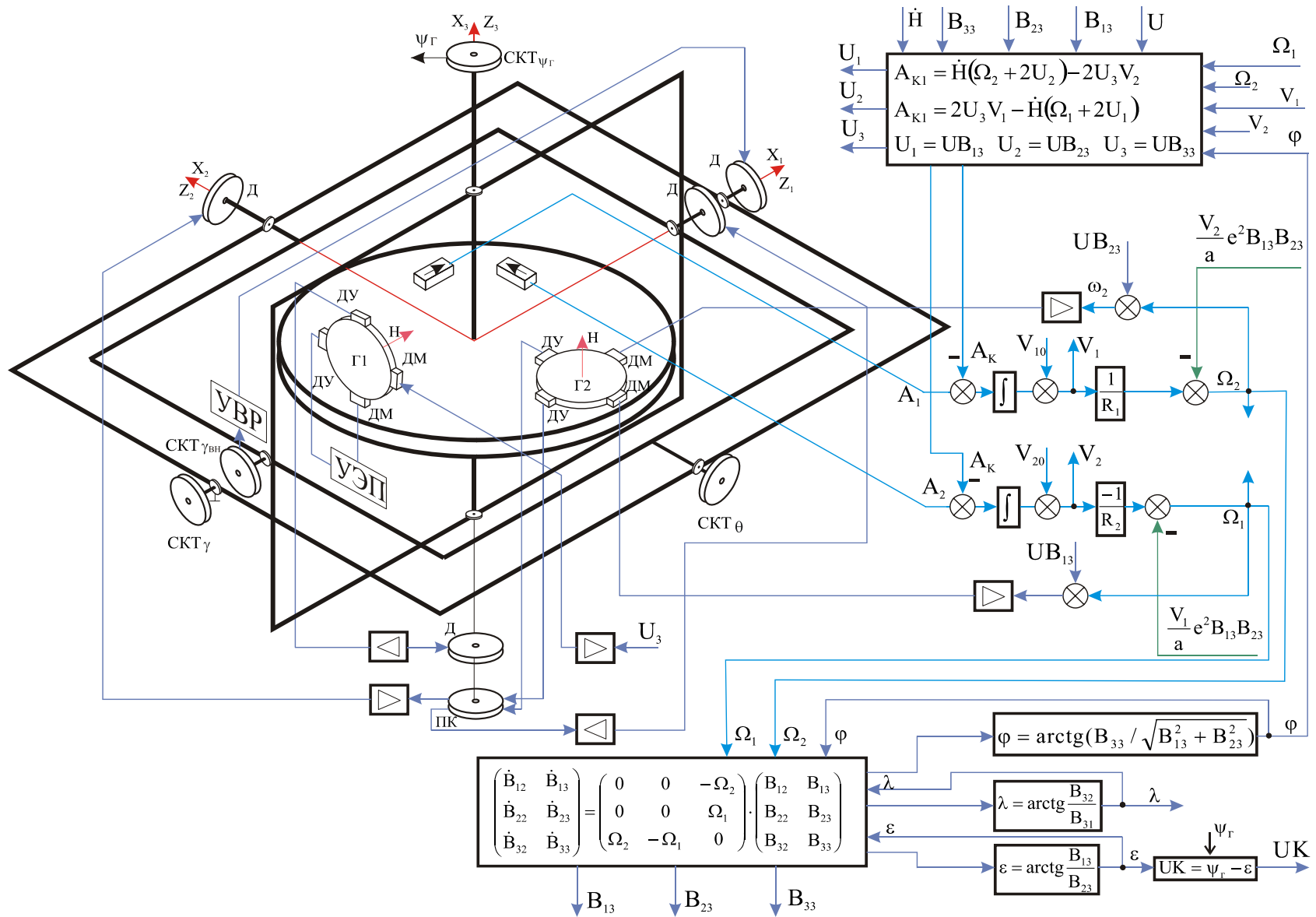


Рис. 4.3. ИНС типа И-21

A	ξ_0	η_0	ζ_0
x	1	α_3	$-\alpha_2$
y	$-\alpha_3$	1	α_1
z	α_2	$-\alpha_1$	1

Матрица направляющих косинусов В, определяющая переход от гринвичского трехгранника $0\xi_G\eta_G\zeta_G$ к сопровождающему трехграннику $0\xi_0\eta_0\zeta_0$, имеет вид (4.1). Матрица перехода С от гринвичской системы к связанной с гироплатформой системе определяется перемножением матриц А и В:

$$\mathbf{C} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{B} .$$

Матрица

$$C = \begin{bmatrix} b_{11} + \alpha_3 b_{21} - \alpha_2 b_{31}, & b_{12} + \alpha_3 b_{22} - \alpha_2 b_{32}, & b_{13} + \alpha_3 b_{23} - \alpha_2 b_{33}, \\ b_{21} + \alpha_1 b_{31} - \alpha_3 b_{11}, & b_{22} + \alpha_1 b_{32} - \alpha_3 b_{12}, & b_{23} + \alpha_1 b_{33} - \alpha_3 b_{13}, \\ b_{31} + \alpha_2 b_{11} - \alpha_1 b_{21}, & b_{32} + \alpha_2 b_{12} - \alpha_1 b_{22}, & b_{33} + \alpha_2 b_{13} - \alpha_1 b_{23}, \end{bmatrix} .$$

Из девяти элементов матрицы С лишь шесть независимы.
Если независимы

$$C_1 = \begin{bmatrix} C_{12} & C_{13} \\ C_{22} & C_{23} \\ C_{32} & C_{33} \end{bmatrix} ,$$

то остальные выразим в виде

$$\begin{aligned} C_{11} &= C_{12} C_{33} - C_{32} C_{23} ; \\ C_{21} &= C_{31} C_{13} - C_{12} C_{33} ; \\ C_{31} &= C_{12} C_{23} - C_{13} C_{22} . \end{aligned}$$

Запишем реальные угловые скорости относительного движения в проекциях на оси ГСП:

$$\begin{aligned} \omega_x^0 &= \dot{\alpha}_1 + \Omega_1 + \Omega_2 \alpha_3 ; \\ \omega_y^0 &= \dot{\alpha}_2 + \Omega_2 - \Omega_1 \alpha_3 ; \\ \omega_z^0 &= \dot{\alpha}_3 + \Omega_1 \alpha_2 - \Omega_2 \alpha_1 . \end{aligned}$$

Матричное уравнение Пуассона имеет вид

$$\dot{\mathbf{C}} = \boldsymbol{\omega}^0 \mathbf{C} ,$$

где

$$\boldsymbol{\omega}^0 = \begin{bmatrix} 0 & \omega_z^0 & -\omega_y^0 \\ -\omega_z^0 & 0 & \omega_x^0 \\ \omega_y^0 & -\omega_x^0 & 0 \end{bmatrix}$$

есть кососимметричная матрица угловых скоростей. Из него можно составить матричное уравнение

$$\begin{bmatrix} \dot{C}_{12} & \dot{C}_{13} \\ \dot{C}_{22} & \dot{C}_{23} \\ \dot{C}_{32} & \dot{C}_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \omega_z^0 & -\omega_y^0 \\ -\omega_z^0 & 0 & \omega_x^0 \\ \omega_y^0 & -\omega_x^0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} C_{12} & C_{13} \\ C_{22} & C_{23} \\ C_{32} & C_{33} \end{bmatrix}.$$

Перемножим матрицы ω^0 и C_1 :

$$\omega^0 \cdot C_1 = \begin{bmatrix} C_{22}\omega_z^0 & -C_{32}\omega_y^0 & C_{23}\omega_z^0 & -C_{33}\omega_y^0 \\ -C_{12}\omega_z^0 & C_{32}\omega_x^0 & -C_{13}\omega_z^0 & C_{33}\omega_x^0 \\ C_{12}\omega_y^0 & -C_{22}\omega_x^0 & C_{13}\omega_y^0 & -C_{23}\omega_x^0 \end{bmatrix}. \quad (4.2)$$

Из матричного дифференциального уравнения с учетом (4.2) запишем шесть линейных дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \dot{C}_{12} &= C_{22}\omega_z^0 - C_{32}\omega_y^0; \\ \dot{C}_{13} &= C_{23}\omega_z^0 - C_{33}\omega_y^0; \\ \dot{C}_{22} &= -C_{12}\omega_z^0 + C_{32}\omega_x^0; \\ \dot{C}_{23} &= -C_{13}\omega_z^0 + C_{33}\omega_x^0; \\ \dot{C}_{32} &= C_{12}\omega_y^0 - C_{22}\omega_x^0; \\ \dot{C}_{33} &= C_{13}\omega_y^0 - C_{23}\omega_x^0. \end{aligned} \quad (4.3)$$

Запишем проекции абсолютной скорости вращения ГСП как суммы проекций относительной скорости и переносной из-за вращения Земли:

$$\begin{aligned} \omega_x &= \omega_x^0 + u_1 + u_2\alpha_3 - u_3\alpha_2; \\ \omega_y &= \omega_y^0 + u_2 - u_1\alpha_3 + u_3\alpha_1; \\ \omega_z &= \omega_z^0 + u_3 + u_1\alpha_2 - u_2\alpha_1. \end{aligned} \quad (4.4)$$

где

$$\begin{aligned} u_1 &= ub_{13}; \\ u_2 &= ub_{23}; \\ u_3 &= ub_{33}. \end{aligned} \quad (4.5)$$

С другой стороны, составляющие абсолютной угловой скорости вращения платформы и связанной с ней системы координат $0xyz$ относительно инерциальной системы координат $0\varepsilon_u\eta_u\varepsilon_u$ определяются каналами коррекции

$$\begin{aligned} \omega'_x &= (1 + \delta h_k)(\Omega'_1 + u \cos \varphi' \sin \varepsilon') + \delta \omega_x; \\ \omega'_y &= (1 + \delta h_k)(\Omega'_2 + u \cos \varphi' \cos \varepsilon') + \delta \omega_y; \\ \omega'_z &= u \sin \varphi'(1 + \delta h_k) + \delta \omega_z, \end{aligned} \quad (4.6)$$

где δh_k - нестабильность масштабного коэффициента контура коррекции;
 $\Omega'_1, \Omega'_2, \varphi', \varepsilon'$ - приборные (вычисленные) значения;

$\delta\omega_x, \delta\omega_y, \delta\omega_z$ - собственные дрейфы гироскопов.

Приравнивая правые части выражений (4.4) и (4.6), с учетом (4.5) получаем

$$\begin{aligned}\dot{\alpha}_1 &= -\Omega_1 - u_1 - (\Omega_2 + u_2)\alpha_2 + u \sin \varphi \cdot \alpha_2 + (1 + \delta h_K)(\Omega'_1 + u'_1) + \delta\omega_x ; \\ \dot{\alpha}_2 &= -\Omega_2 - u_2 + (\Omega_1 + u_1)\alpha_3 - u_3\alpha_1 + (1 + \delta h_K)(\Omega'_2 + u'_2) + \delta\omega_y ; \\ \dot{\alpha}_3 &= -u_3 + (\Omega_2 + u_2)\alpha_1 - (\Omega_1 + u_1)\alpha_2 + (1 + \delta h_K)u'_3 + \delta\omega_z ,\end{aligned}\quad (4.7)$$

где

$$u'_1 = u \cdot C'_{13} ; \quad u'_2 = u \cdot C'_{23} ; \quad u'_3 = u \cdot C'_{33} . \quad (4.8)$$

есть приборные значения проекций угловой скорости вращения Земли.

При моделировании работы идеальной системы мы задавались проекциями $W_{\xi 0}$ и $W_{\eta 0}$ абсолютного ускорения \bar{W} . При моделировании работы реальной системы перепроектируем $W_{\xi 0}$ и $W_{\eta 0}$ на оси θx и θy , учитывая наличие ускорения, направленного по оси θz , ускорения гравитации g_0 и матрицы направляющих косинусов, а также то, что

$$W_{\zeta} = -R_{\eta 0}(\Omega_1 + u_1)^2 - R_{\xi 0}(\Omega_2 + u_2)^2.$$

Однако для счисления координат можно использовать относительное вычисленное ускорение. Его получают исключением из \bar{W}' кориолисовых членов, вычисленных по приборным данным реальной системы. Абсолютные ускорения в проекциях на оси платформы

$$\begin{aligned}W_x &= W_{\xi 0} + W_{\eta 0}\alpha_3 - \alpha_2 \left(g_0 - R_{\eta 0}(\Omega_1 + u_1)^2 - R_{\xi 0}(\Omega_2 + u_2)^2 \right); \\ W_y &= W_{\eta 0} - W_{\xi 0}\alpha_3 + \alpha_1 \left(g_0 - R_{\eta 0}(\Omega_1 + u_1)^2 - R_{\xi 0}(\Omega_2 + u_2)^2 \right).\end{aligned}\quad (4.9)$$

С учетом инструментальных погрешностей акселерометра и интегратора

$$\begin{aligned}\dot{V}'_{\xi 0} &= \left\{ W_x (1 + \delta h_a) + \delta a - \left[\dot{h}(\Omega'_2 + 2u'_2) - 2u'_3 V'_{\eta 0} \right] \right\} \cdot (1 + \delta h_K) + \delta \dot{V} ; \\ \dot{V}'_{\eta 0} &= \left\{ W_y (1 + \delta h_a) + \delta a - \left[2u'_3 V'_{\xi 0} - \dot{h}(\Omega'_1 + 2u'_1) \right] \right\} \cdot (1 + \delta h_K) + \delta \dot{V} .\end{aligned}\quad (4.10)$$

где $\delta h_K, \delta h_u$ - нестабильность масштабных коэффициентов соответственно акселерометра и интегратора;

$\delta a, \delta V$ - смещение нуля соответственно акселерометра и интегратора.

Проекции угловой скорости относительного движения трехгранника в соответствии с алгоритмом функционирования идеальной системы, вычисляемые по приборным значениям параметров,

$$\begin{aligned}\Omega'_1 &= -\frac{V'_{\eta 0}}{R'_{\eta 0}} - \frac{V'_{\xi 0}}{a} e^2 C_{13} C_{23} ; \\ \Omega'_2 &= \frac{V'_{\xi 0}}{R'_{\xi 0}} - \frac{V'_{\eta 0}}{a} e^2 C_{13} C_{23} ,\end{aligned}\quad (4.11)$$

где

$$1/R'_{\xi 0} = \left(1 - \frac{1}{2} e^2 C_{33}^2 + e^2 C_{13}^2 - \frac{h}{a} \right) / a ;$$

$$1/R'_{\eta 0} = \left(1 - \frac{1}{2} e^2 C_{33}^2 + e^2 C_{23}^2 - \frac{h}{a} \right) / a .$$

В соответствии с алгоритмом идеальной системы угловые скорости управления ГСП

$$\begin{aligned} \omega'_x &= \Omega'_1 + u C_{13} ; \\ \omega'_y &= \Omega'_2 + u C_{23} ; \\ \omega'_z &= u C_{33} . \end{aligned} \quad (4.12)$$

Решив систему дифференциальных уравнений (4.3) и используя C_{ij} , определим приборные значения $\varphi', \lambda', \varepsilon', V'$ реальной системы:

$$\begin{aligned} \varphi' &= \arctg \left(C_{33} / \sqrt{C_{13}^2 + C_{23}^2} \right) ; \\ \lambda' &= \arctg (C_{33} / C_{31}) ; \\ \varepsilon' &= \arctg (C_{13} / C_{23}) ; \\ V' &= \sqrt{(V'_{\xi 0})^2 + (V'_{\eta 0})^2} . \end{aligned}$$

Решив численными методами систему уравнений (4.3), (4.7), (4.10) – (4.13), моделируем движение реальной системы.

В последующем будем решать задачу моделирования на ЭВМ реальной и идеальной систем целью определения погрешностей работы системы как разностей между реальными и идеальными значениями параметров.

Текст программы прямого моделирования погрешностей дан в приложении

3. Задания к работе

1. Провести численное исследование, составить и исследовать математическую модель, сопоставить результаты численного и аналитического исследований влияния следующих факторов на погрешности ИНС:

- 1) погрешностей начального горизонтирования;
 - 2) погрешностей начальной выставки в азимуте;
 - 3) погрешности начальной выставки скоростей;
 - 4) погрешностей начальной выставки широты и долготы;
 - 5) угловой скорости дрейфов гироскопов горизонтальных каналов;
 - 6) угловой скорости дрейфов гироскопов азимутального канала;
 - 7) смещения нуля акселерометров;
 - 8) смещения первых нулей интеграторов;
 - 9) смещения нулей вторых интеграторов;
 - 10) нестабильности масштабного коэффициента (коэффициента передачи) акселерометров;
 - 11) нестабильности коэффициента передачи первых интеграторов;
 - 12) нестабильности коэффициента передачи вторых интеграторов;
 - 13) нестабильности коэффициента передачи контура коррекции.
2. Выработать требования к элементам ИНС, обеспечивавшие указанные преподавателем характеристики точности ИНС.
3. Численно исследовать влияние пренебрежением несферичностью Земли.
4. Численно исследовать пренебрежением высотой полета.
5. Численно исследовать влияние вертикальной скорости,

6. Исследовать влияние обрыва цепи выработки сигнала горизонтальной составляющей вращения Земли.
7. Исследовать поведение ИНС при изменении полярности сигнала коррекции на датчик момента гироскопа.
8. Исследовать поведение ИНС при погрешности ввода радиуса Земли (радиусов кривизны эллипсоида) в 1 %, 5 %.
9. Численно исследовать погрешности ИНС в течение суток. Сравнить результаты с результатами аналитических исследований.
10. Исследовать влияние погрешности задания угловой скорости вращения Земли на погрешности ИНС. Оценить допустимую погрешность задания.
11. Исследовать влияние отклонения земного эллипсоида от геоида на погрешности ИНС на заданном преподавателем маршруте движения.
12. Численно исследовать влияние дрейфа нуля интегратора азимутального канала.
13. Численно исследовать нестабильность коэффициента передачи интегратора азимутального канала.
14. Численно исследовать влияние пренебрежением кориолисовыми ускорениями.
15. Сравнить результаты исследования с аналогичными исследованиями ИНС другого типа.

Текст программы прямого моделирования погрешностей приведен в приложении

4. Контрольные вопросы

1. Чем уравнения реальной работы отличаются от уравнений идеальной работы?
2. Как получают уравнения идеальной работы?
3. Как в системе используют гироскопы?
4. Как в системе используют акселерометры?
5. Что такое «кажущееся ускорение»?
6. Какую задачу решает преобразователь координат?
7. Как платформу располагают на объекте?
8. Зачем в системе нужны интеграторы?
9. Как компенсируется влияние переносных и кориолисовых ускорений?
10. Как используют уравнения Пуассона?
11. Какие возмущающие факторы не учтены в приведенных реальных уравнениях работы?
12. Какой сопровождающий трехгранник используется в этой системе?

5. Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать результаты выполнения моделирования в соответствии с заданием. Необходимо привести основные графики, характеризующие работу исследуемой системы, по остальным пунктам задания сделать краткое описание полученных результатов. Сделать выводы по работе. Объем отчета не более 10 с.

6. Литература

1. Самотокин Б.Б., Мелешко В.В., Степанковский Ю.В. Навигационные приборы и системы. -К.:Вища школа, 1986.-324 с.
2. Помыкаев И.И., Селезнев В.П., Дмитроченко Л.А. Навигационные приборы и системы. - М.: Машиностроение, 1983. - 456 с. (под ред. И. И. Помыкаева).