

УДК681.5.017(045)

О. К. Аблесімов, канд. техн. наук, проф.

О. М. Дьяконова

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ТОПОПРИВ'ЯЗКИ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ

Інститут електроніки та систем управління НАУ, e-mail: iesy@nau.edu.ua

*Розглянуто методику визначення вихідної інформації для автономних наземних навігаційних комплексів в особливих умовах.***Ключові слова:** наземний навігаційний комплекс, поточні координати, дирекційний кут, коефіцієнт коригування шляху.

Вступ. У сучасних умовах масового застосування рухомої техніки в повітряному, морському й наземному просторах високих темпів переміщення об'єктів особливої значущості набувають оперативність і дієвість керування ними. Безперервність і гнучкість керування багато в чому залежать від повноти отримуваної інформації. Разом з тим будь-яка інформація про об'єкти буде позбавлена смислу без прив'язки їх до місцевості або простору. Якість такої інформації, способи її отримання і подання істотно впливають на ефективність прийнятих рішень.

Рівень розвитку засобів автоматизації дозволяє отримувати навігаційну інформацію будь-яких обсягів і точності. Пріоритетним є об'єднання навігаційних систем в інтегровані навігаційні комплекси. У багатьох галузях ядром навігаційного комплексу стала інтегрована інерціально-супутникова система навігації. Разом з тим великий парк рухомих засобів має в складі свого обладнання, крім супутникових, автономні навігаційні системи: інерціальні, курсодоплерівські, курсоповітряні, одометричні, лагокурсіві. Застосування автономних систем багато в чому виправдано не тільки з позицій обробки однорідної навігаційної інформації для підвищення її достовірності, але й необхідністю в особливих умовах скористуватися тільки ними.

Постановка завдання. Наземні рухомі об'єкти оснащені зазвичай автономними одометричними навігаційними системами. У спеціальній літературі їх називають наземними навігаційними комплексами (ННК). На ННК покладається: визначення місця розташування рухомих об'єктів, водіння колон і одиночних машин по заданому маршруту в заданий район, визначення координат спостережуваних об'єктів, прокладання й нанесення на топографічну карту маршрутів прямування.

У загальному випадку за допомогою ННК розв'язують три основні види навігаційних задач відповідно до відомих алгоритмів [1]:

– першу навігаційну задачу – визначення координат X , Y місця розташування рухомого об'єкта і його дирекційного кута α

$$\left. \begin{aligned} X &= X_{\text{вих}} + \int_0^t v(t) \cos[\beta(t)] \cos[\alpha(t)] dt; \\ Y &= Y_{\text{вих}} + \int_0^t v(t) \cos[\beta(t)] \sin[\alpha(t)] dt; \\ \alpha &= \alpha_{\text{вих}} + \Delta\alpha; \end{aligned} \right\}$$

– другу навігаційну задачу – знаходження напрямку на заданий пункт призначення $\alpha_{\text{пн}}$ й найкоротшої відстані $S_{\text{пн}}$ до цього пункту

$$\left. \begin{aligned} S_{\text{пн}} &= \sqrt{(X_{\text{пн}} - X)^2 + (Y_{\text{пн}} - Y)^2}; \\ \alpha_{\text{пн}} &= \arctg \frac{Y_{\text{пн}} - Y}{X_{\text{пн}} - X}; \end{aligned} \right\}$$

– третю навігаційну задачу – обчислення координат X_{oc} і Y_{oc} об'єктів спостереження

$$\left. \begin{aligned} X_{oc} &= X + \Delta X_{oc} = X + D_{oc} \cos \alpha_{oc}; \\ Y_{oc} &= Y + \Delta Y_{oc} = Y + D_{oc} \sin \alpha_{oc}; \end{aligned} \right\}$$

де $X_{вих}, Y_{вих}$ – вихідні координати об'єкта перед початком руху; $\alpha_{вих}$ – вихідний дирекційний кут об'єкта перед початком руху; $v(t)$ – дійсна швидкість руху об'єкта; $\beta(t)$ – кут нахилу рельєфу місцевості відносно площини горизонту; $X_{пп}, Y_{пп}$ – координати пункту призначення; D_{oc} – відстань від рухомого об'єкта до об'єкта спостереження; α_{oc} – дирекційний кут об'єкта спостереження.

Аналіз наведених раніше алгоритмів показує, що якість навігаційної інформації ННК за інших рівних умов багато в чому залежить від точності підготовки й уведення в апаратуру даних про об'єкт перед початком його руху. Згідно з працею [3] головну увагу у вихідному пункті потрібно приділяти визначенню координат місця розташування об'єкта $X_{вих}, Y_{вих}$, його дирекційного кута $\alpha_{вих}$ й коефіцієнта коригування шляху $k_{кш}$. Методика підготовки вихідних даних досить повно викладено в працях [2; 3].

З ряду причин не завжди можна перед початком руху визначити й увести в апаратуру вихідні дані. У цьому випадку при прямованні об'єкта ввімкнена апаратура буде видавати помилкову інформацію. Залишається або відмовитися від застосування ННК, або виконати всі заходи щодо їх підготовки до роботи.

Як показали попередні дослідження, є ще один шлях вирішення проблеми – у ході прямовання об'єкта розраховувати його поточну навігаційну інформацію й коригувати показання ННК. Для цього необхідно лише розмістити об'єкт над відповідною реперною точкою місцевості, координати якої можна з високою точністю визначити по карті. Такими точками можуть бути, наприклад, перехрестя шляхів.

Методика визначення навігаційної інформації. Припустимо, що об'єкт із ННК перебуває у вихідній точці Вих. с координатами $X_{вих}, Y_{вих}$ (рис. 1).

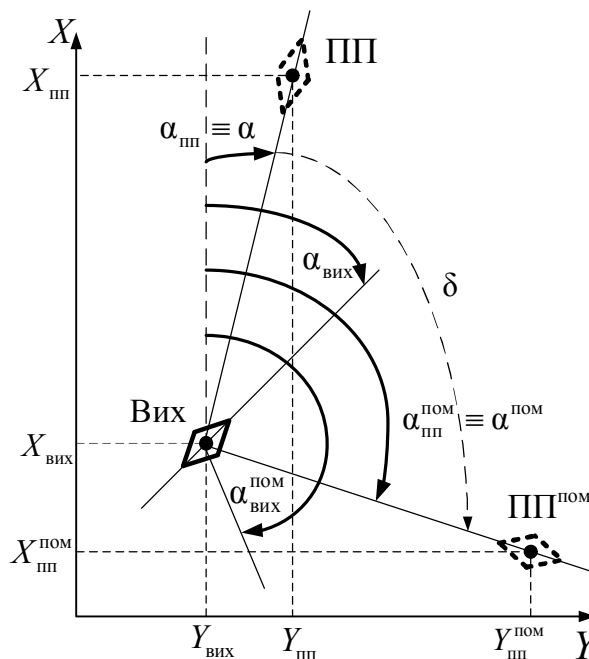


Рис. 1. Визначення навігаційної інформації: ПП – пункт призначення

Оскільки попереднє орієнтування не проводиться, то вимірювальна вісь гірозадатчика курсу займає довільне просторове положення, що визначає помилковий вихідний дирекційний кут $\alpha_{\text{вих}}^{\text{пом}}$ об'єкта.

Помилковий вихідний дирекційний кут відрізняється від істинного на величину похибки δ :

$$\alpha_{\text{вих}}^{\text{пом}} = \alpha_{\text{вих}} \pm \delta.$$

Під час прямування об'єкта по маршруту зі швидкістю V_i протягом часу t_i ННК покаже його помилкові координати

$$\left. \begin{aligned} X &= X_{\text{вих}} + (1 + k_{\text{кш}}) \sum_{i=1}^n V_i t_i \cos(\alpha_{\text{вих}}^{\text{пом}} + \Delta \alpha_i); \\ Y &= Y_{\text{вих}} + (1 + k_{\text{кш}}) \sum_{i=1}^n V_i t_i \sin(\alpha_{\text{вих}}^{\text{пом}} + \Delta \alpha_i); \end{aligned} \right\}$$

Для простоти міркувань будемо думати, що об'єкт рухається в напрямку реперної точки ПП найкоротшим шляхом за курсом $\alpha_{\text{пп}} \equiv \alpha$. Через деякий час він зупиняється над нею. Координати ПП ($X_{\text{пп}}$, $Y_{\text{пп}}$) легко визначають по карті.

Оскільки ННК використовує для розрахунку координат помилковий вихідний дирекційний кут $\alpha_{\text{вих}}^{\text{пом}}$, то він визначить, тим самим, деяке помилкове поточне положення об'єкта в ПП^{пом} ($X_{\text{пп}}^{\text{пом}}$, $Y_{\text{пп}}^{\text{пом}}$) з курсом $\alpha_{\text{пп}}^{\text{пом}} \equiv \alpha^{\text{пом}}$.

Неважко помітити, що абсолютна похибка δ визначення істинного дирекційного кута об'єкта є різницею між напрямками з вихідного пункту Вих. на реперну точку ПП і точку позірного перебування об'єкта ПП^{пом}

$$\delta = \alpha_{\text{пп}}^{\text{пом}} - \alpha_{\text{пп}}.$$

Обчислюючи значення $\alpha_{\text{пп}}^{\text{пом}}$ й $\alpha_{\text{пп}}$ через збільшення координат ПП і ПП^{пом} відносно вихідного пункту Вих, одержуємо алгоритм розрахунку помилки дирекційного кута, яку необхідно усунути:

$$\delta = \arctg \frac{Y_{\text{пп}}^{\text{пом}} - Y_{\text{вих}}}{X_{\text{пп}}^{\text{пом}} - X_{\text{вих}}} - \arctg \frac{Y_{\text{пп}} - Y_{\text{вих}}}{X_{\text{пп}} - X_{\text{вих}}}.$$

Поправку на коригування шляху легко визначаємо на підставі алгоритму

$$\Delta k = \frac{S_{\text{пп}} - S_{\text{пп}}^{\text{пом}}}{S_{\text{пп}}} = 1 - \frac{S_{\text{пп}}^{\text{пом}}}{S_{\text{пп}}} = 1 - \sqrt{\frac{(X_{\text{пп}}^{\text{пом}} - X_{\text{вих}})^2 + (Y_{\text{пп}}^{\text{пом}} - Y_{\text{вих}})^2}{(X_{\text{пп}} - X_{\text{вих}})^2 + (Y_{\text{пп}} - Y_{\text{вих}})^2}}.$$

У загальному випадку об'єкт рухається в напрямку реперної точки по довільному маршруту. Тоді в разі досягнення об'єктом реперної точки кут $\alpha_{\text{пп}}$ на пункт призначення (реперну точку) буде відрізнятися від дирекційного кута (курсу) об'єкта α на деяке значення ξ . Однак на це ж значення ξ буде відрізнятися й кут $\alpha_{\text{пп}}^{\text{пом}}$ на помилковий пункт призначення від помилкового дирекційного кута (курсу) $\alpha^{\text{пом}}$. Неважко показати, що кінцеві алгоритми розрахунку поправок збіжаться з наведеними раніше.

Таким чином, з досягненням об'єктом першої реперної точки необхідно на підставі отриманих алгоритмів розрахувати поправки й увести їх у ННК. Як розв'язувальний пристрій можна рекомендувати найпростіший інтегрований обчислювач з інтерфейсом (рис. 2).

Рис. 2. Інтерфейс обчислювача поправок ННК

Задача розрахунку поправок спрощується при використанні в ННК як лічильно-розв'язувальних пристроїв комп'ютерно-інтегрованих систем.

У ході подальшого прямування по маршруту апаратура буде показувати правдиву навігаційну інформацію. Для підвищення достовірності пропонованого методу можна рекомендувати уточнення виправлень на трьох чотирьох реперних точках.

Висновки. Розглянута методика дозволяє екіпажу рухомого наземного об'єкта в особливих умовах без виходу з машини й без спеціального устаткування забезпечувати себе достовірною навігаційною інформацією.

Список літератури

1. Аблесімов О. К. Автоматичне керування рухомими об'єктами й технологічними процесами / О. К. Аблесімов, Є. Є. Александров, І. Є. Александрова – Х.: НТУ "ХПІ", 2008. – 443 с.
2. Рогожин В. О. Пілотажно-навігаційні комплекси повітряних суден / В. О. Рогожин, В. М. Синеглазов, М. К. Філяшкін – К: НАУ, 2005. – 315 с.
3. Корнеев В. В. Основы автоматики и ТАС / В. В. Корнеев – М: ВАБТВ, 1976. – 545 с.

А. К. Аблесімов, О. М. Дьяконова

Автоматизация процессов топопривязки подвижных объектов

Рассмотрена методика определения исходной информации для автономных наземных навигационных комплексов в особых условиях.

A. K. Ablesimov, O. M. Dyakonova

Automation of processes of topographical binding of mobile objects

The technique of definition of the initial information for independent ground navigating complexes in special conditions is considered.