

УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 134058

СПОСІБ ПОЗИЦІОНУВАННЯ ЗА СУКУПНІСТЮ СИГНАЛІВ  
ВІД ДАЛЬНОМІРНОГО ОБЛАДНАННЯ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 25.04.2019.

Заступник Міністра економічного розвитку і торгівлі України

Ю.П. Бровченко



(21) Номер заявки: **u 2018 12434**

(22) Дата подання заявки: **14.12.2018**

(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **25.04.2019**

(46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: **25.04.2019, Бюл. № 8**

(72) Винахідники:  
**Остроумов Іван Вікторович, UA,**  
**Харченко Володимир Петрович, UA,**  
**Кузьменко Наталія Сергіївна, UA**

(73) Власник:  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,**  
просп. Комарова, 1, м. Київ,  
03058, UA

(54) Назва корисної моделі:

**СПОСІБ ПОЗИЦІОНУВАННЯ ЗА СУКУПНІСТЮ СИГНАЛІВ ВІД ДАЛЬНОМІРНОГО ОБЛАДНАННЯ**

(57) Формула корисної моделі:

Спосіб позиціонування за сукупністю сигналів від дальномірного обладнання, що включає вимірювання відстаней між повітряним кораблем та далекомірними радіомаяками, який **відрізняється** тим, що прогнозують відстані на основі попередніх спостережень та одночасно вимірюють дві відстані до радіомаяків, та на підставі отриманих даних визначають координати місцеположення повітряного корабля, розв'язуючи систему навігаційних рівнянь з урахуванням похибки прогнозування.

Державне підприємство  
«Український інститут інтелектуальної власності»  
(Укрпатент)

Оригіналом цього документа є електронний документ з відповідними реквізитами, у тому числі з накладеним електронним цифровим підписом уповноваженої особи Міністерства економічного розвитку і торгівлі України та сформованою позначкою часу.

Ідентифікатор електронного документа 1724240419.

Для отримання оригіналу документа необхідно:

1. Зайти до ІДС «Стан діловодства за заявками на винаходи та корисні моделі», яка розташована на сторінці <http://base.uipv.org/searchInvStat/>.
2. Виконати пошук за номером заявки.
3. У розділі «Документи Укрпатенту» поруч з реєстраційним номером документа натиснути кнопку «Завантажити оригінал» та ввести ідентифікатор електронного документа.

Ідентичний за документарною інформацією та реквізитами паперовий примірник цього документа містить 2 арк., які пронумеровані та прошиті металевими люверсами.

Уповноважена особа Укрпатенту

І.Є. Матусевич

25.04.2019





УКРАЇНА

(19) UA (11) 134058 (13) U  
(51) МПК (2019.01)  
G01C 21/00

МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

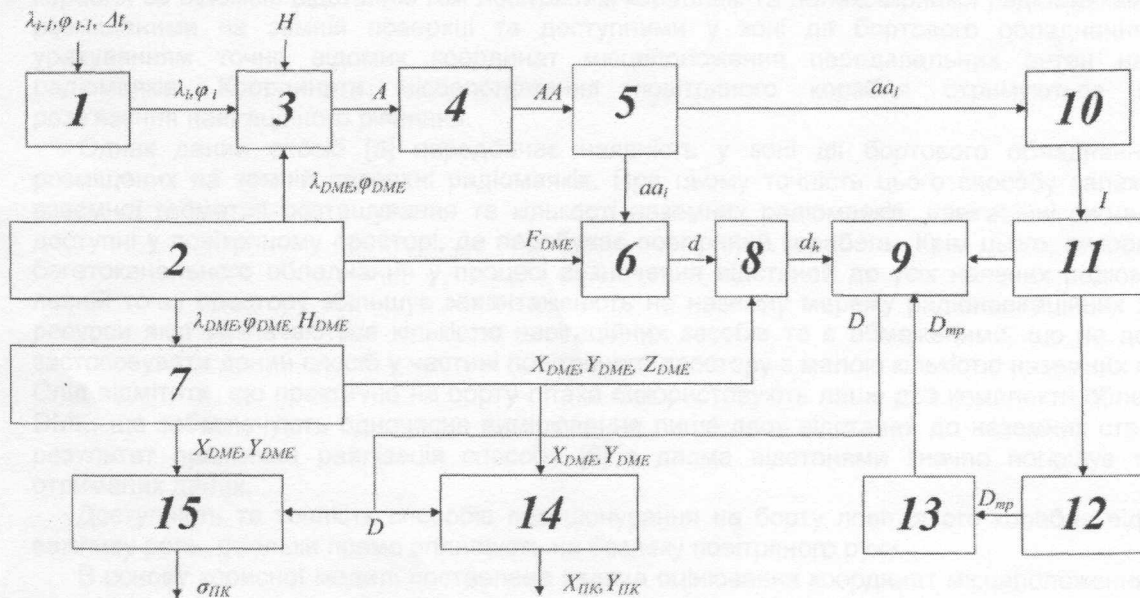
(21) Номер заявки: **u 2018 12434**  
(22) Дата подання заявки: **14.12.2018**  
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **25.04.2019**  
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **25.04.2019, Бюл.№ 8**

(72) Винахідник(и):  
**Остроумов Іван Вікторович (UA),  
Харченко Володимир Петрович (UA),  
Кузьменко Наталія Сергіївна (UA)**  
(73) Власник(и):  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ,  
просп. Комарова, 1, м. Київ, 03058 (UA)**

**(54) СПОСІБ ПОЗИЦІОНУВАННЯ ЗА СУКУПНІСТЮ СИГНАЛІВ ВІД ДАЛЬНОМІРНОГО ОБЛАДНАННЯ**

**(57) Реферат:**

Спосіб позиціонування за сукупністю сигналів від дальномірного обладнання включає вимірювання відстаней між повітряним кораблем та далекомірними радіомаяками. При цьому прогнозують відстані на основі попередніх спостережень та одночасно вимірюють дві відстані до радіомаяків. На підставі отриманих даних визначають координати місцеположення повітряного корабля, розв'язуючи систему навігаційних рівнянь з урахуванням похибки прогнозування.



UA 134058 U

Корисна модель належить до сфери навігації та системи автоматичного вимірювання відстаней за часовим критерієм, зокрема стосується способу визначення координат місцеположення повітряного корабля у просторі з використанням електромагнітного випромінювання.

5       Способи позиціонування, розроблені на основі корисної моделі, можуть бути використані у побудові комплексних пристроїв позиціонування для визначення власного місцеположення як резервного джерела координатної інформації.

10       Визначення місцеположення рухомих об'єктів є однією з основних задач при здійсненні навігації у просторі. Особливу роль системам позиціонування відводять на борту літака для визначення координат місцеположення у просторі. Як основний спосіб позиціонування на борту літака застосовують системи, що ґрунтуються на застосуванні глобальних супутникових систем позиціонування, таких, як, наприклад, GPS, ГЛОНАСС, GALILEO [1]. В основі цих глобальних навігаційних супутникових систем лежать способи позиціонування [2, 3], згідно з якими виконують приймання навігаційних сигналів від геостаціонарних навігаційних супутників, вимірювання відстаней від користувача до доступних у певному регіоні навігаційних супутників та розрахунок координат користувача шляхом розв'язку системи навігаційних рівнянь. Однак позиціонування за такими способами передбачає наявність принаймні чотирьох навігаційних супутників у зоні дії та можливості до прийому сигналів від них. У випадках відсутності можливості до прийому сигналів від навігаційних супутників застосовуються резервні способи позиціонування: інерційний [4], позиціонування за інформацією від обладнання всенаправлених радіомаяків VOR (VHF Omni-directional Radio) [5] позиціонування за інформацією від далекомірних радіомаяків DME (Distance Measuring Equipment) [6], та їх комбінації [7]. Кожному з резервних способів позиціонування притаманні певні недоліки, пов'язані з доступністю чи точністю визначення координат.

25       Застосування способів, що ґрунтуються на інерційних принципах [4], пов'язано з обмеженістю за часом використання та постійним зростанням похибки оцінювання координат. Відповідно до цього їх точність визначають за рівнем точності датчиків прискорень та гіроскопів, з урахуванням часу останнього оновлення координат від систем глобальної супутникової навігації [7].

30       Відомий також, вибраний як найближчий аналог, спосіб позиціонування за інформацією від далекомірних радіомаяків DME [6], включає розрахунок координат місцеположення повітряного корабля за відомою відстанню між повітряним кораблем та далекомірними радіомаяками DME, розміщеними на земній поверхні та доступними у зоні дії бортового обладнання [6], з урахуванням точно відомих координат місцеположення передавальних антен наземних радіомаяків. Координати місцеположення повітряного корабля отримуються шляхом розв'язання навігаційного рівняння.

35       Однак даний спосіб [6] передбачає наявність у зоні дії бортового обладнання DME розміщених на земній поверхні радіомаяків. При цьому точність цього способу залежить від взаємної геометрії розташування та кількості наземних радіомаяків, навігаційні сигнали яких доступні у повітряному просторі, де перебуває повітряний корабель. Крім цього, використання багатоканального обладнання у процесі визначення відстаней до усіх наявних радіомаяків у певній точці простору збільшує завантаженість на наземну мережу радіонавігаційних засобів, ресурси якої визначаються кількістю навігаційних засобів та є обмеженими, що не дозволяє застосовувати даний спосіб у частині повітряного простору з малою кількістю наземних станцій.

45       Слід відмітити, що практично на борту літака використовують лише два комплекти обладнання DME, що забезпечують одночасне вимірювання лише двох відстаней до наземних станцій, як результат практична реалізація способу [6] з двома відстанями значно погіршує точність отриманих даних.

50       Доступність та точність способів позиціонування на борту повітряного корабля відіграють важливу роль, оскільки прямо впливають на безпеку повітряного руху.

В основу корисної моделі поставлена задача оцінювання координат місцеположення літака у повітрі, під час польоту, за умови відсутності можливості використання глобальної супутникової системи позиціонування за вимірними відстанями до двох наземних дальномірних радіомаяків, прогнозованих за попередніми вимірюваннями відстаней та відомими координатами місцеположення наземної частини дальномірних радіомаяків.

55       Поставлена задача вирішується тим, що у способі позиціонування за сукупністю сигналів від дальномірного обладнання, що включає вимірювання відстаней між повітряним кораблем та далекомірними радіомаяками, згідно з корисною моделлю, прогнозують відстані на основі попередніх спостережень та одночасно вимірюють дві відстані до радіомаяків, та на підставі

отриманих даних визначають координати місцеположення повітряного корабля, розв'язуючи систему навігаційних рівнянь з урахуванням похибки прогнозування.

Тут і надалі під дальномірним обладнанням (DME-Distance Measuring Equipment) позначають бортову систему літака, що виконує вимірювання відстані до наземних дальномірних радіомаяків шляхом надсилання навігаційного сигналу у вигляді подвійного гаусподібного радіоімпульсу з відстанню між імпульсами у 12 мкс для каналу X та 36 мкс для каналу Y на певній частоті [8], прийманням сигналу відповіді на частоті, що на 3 МГц менше чи більше від частоти сигналу запиту, що генерується наземною станцією та вимірюванням часу між надсиланням запиту та фіксацією відповіді.

Відповідно до сучасних вимог, що висуваються до важких літаків цивільної авіації, до складу бортового радіоелектронного обладнання має входити дві незалежні системи вимірювання відстаней до наземних далекомірних радіомаяків. Налаштування систем DME зазвичай здійснюють через систему управління радіонавігаційними засобами, що в свою чергу керується командами з обчислювальної системи літаководіння. Таким чином, під час польоту обчислювальна система літаководіння вибирає найбільш оптимальну пару наземних далекомірних радіомаяків, керуючись показником точності вимірювання [9], та через систему управління радіонавігаційними засобами виконує автоматичне настроювання обох бортових DME. У свою чергу результати вимірювань відстаней надходять у обчислювальну систему літаководіння для оцінювання координат місцеположення літака. Відповідно у внутрішній пам'яті обчислювальної системи літаководіння фіксуються результати усіх вимірювань DME та точні координати місцеположення наземних далекомірних станцій, що необхідні для розв'язку навігаційного рівняння.

Крім цього, згідно з корисною моделлю, інформацію стосовно відстаней до певних наземних радіонавігаційних станцій, разом з часовим відліком вимірювання використовують для прогнозування відстані на час визначення координат місцеположення літака.

На кресленні зображено структурну схему способу позиціонування за сукупністю сигналів від дальномірного обладнання, де блок числення шляху - 1; аеронавігаційна база даних - 2; блок оцінювання доступності DME-3; блок групування наявних DME-4; блок вибору оптимальної пари DME-5; блок вимірювання відстаней - 6; блок переведення даних до декартової локальної системи числення - 7; блок розрахунку горизонтальної відстані - 8; блок збереження даних у реєстрі відстаней - 9; блок перевірки зміни пари DME-10; блок вибору наявних даних з реєстру для прогнозування - 11; блок прогнозування відстаней - 12; блок перевірки величини похибки прогнозування - 13; блок розв'язання навігаційного рівняння - 14; блок оцінювання точності позиціонування - 15.

Заявлений спосіб здійснюється таким чином:

Спосіб позиціонування базується на використанні попередньо відомих координат місцеположення літака  $(\lambda_{i-1}, \varphi_{i-1})$ , чисельної інформації, щодо швидкості руху ( $V$ ) та часу від останнього вимірювання координат ( $\Delta t$ ) для приблизного визначення місцеположення літака  $(\lambda_i, \varphi_i)$  на час вимірювання у блоці числення шляху 1. За грубими координатами місцеположення літака та відомим позиціями наземних радіомаяків, що надходять з аеронавігаційної бази даних 2, виконують аналіз доступності наземних далекомірних радіомаяків у блоці 3 [10]. Для спрощення обчислень, як неточне місцеположення використовують попередні відомі координати літака. Так, наприклад, у випадку раптової відмови супутникової системи навігації, у наступний момент вимірювання цілком можливо використовувати попередні відомі координати без задіювання числення шляху. При оцінюванні доступності наземних радіонавігаційних засобів застосовують математичні моделі поширення радіохвиль у просторі з урахуванням місцеположення наземного дальномірного радіомаяка, рельєфу місцевості та технічних характеристик на основі яких оцінюють зону дії на висоті польоту літака [10]. У блоці 4 за оціненим переліком доступних далекомірних радіонавігаційних засобів (A) виконують групування за парним принципом та будують перелік можливих пар (AA) для позиціонування. У блоці 5 виконують вибір пари радіонавігаційних засобів  $(a_{a_i})$ , що забезпечуватиме найвищу точність позиціонування з наявних пар. У блоці 6 виконують налаштування бортового обладнання DME для вимірювання відстаней до оптимальної пари наземних дальномірних радіомаяків, з використанням інформації стосовно частоти роботи вибраних далекомірних радіомаяків  $F_{DME}$ , що отримують з аеронавігаційної бази даних 2. Через певний час DME отримують інформацію стосовно двох відстаней ( $d$ ). Як центр локальної системи координат використовують попередню наявну позицію літака чи прогнозоване її значення на час вимірювання. Далі виконують перетворення координат DME у локальну

систему числення у блоці 7. Відомі координати DME у локальній системі ( $X_{DME}, Y_{DME}, Z_{DME}$ ) разом з відомою висотою польоту літака та вимірними відстанями ( $d$ ) використовують для обчислення проекції відстані на горизонтальну площину у блоці 8. Отримані відстані ( $d_h$ ) заносять до реєстру відстаней та зберігають у блоці 9. У випадку не першого вимірювання, виконують перевірку зміни пари радіонавігаційних засобів у блоці 10. Якщо з'являється нова пара засобів, то за сигналом індикаторної функції (I) виконують вибір відстаней з реєстру попередніх вимірювань у блоці 11 та виконують їх прогнозування у блоці 12. Паралельно у блоці 13 оцінюють похибку прогнозу, значення якої порівнюють з максимально допустимим значенням. Якщо похибка прогнозу стає непринятною, тобто такою, що значно впливає на результат обчислення, прогнозування даної відстані припиняють, результат прогнозу не заносять до реєстру відстаней, а всі прогнозовані значення для даного радіонавігаційного засобу видаляють. На останньому етапі використовують матрицю відстаней (D) для розв'язання навігаційного рівняння ітеративним підходом у блоці 14 та для оцінювання похибки визначення місцеположення у горизонтальній площині ( $\sigma_{ПК}$ ) у блоці 15.

15 Розрахунок координат місцеположення літака ( $x_{ПК}, y_{ПК}, z_{ПК}$ ) у блоці 14 виконують шляхом розв'язання навігаційного рівняння, представленого у матричному вигляді:

$$D^2 = (x_{ПК} - x_{DME})^2 + (y_{ПК} - y_{DME})^2 + (z_{ПК} - z_{DME})^2,$$

де  $x_{DME}, y_{DME}, z_{DME}$  - матриця координат місце розташування наземних радіомаяків DME;

D - матриця похилих відстаней між радіомаяками та літаком,

$$20 \quad D = \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ \dots \\ D_N \end{bmatrix}, x_{DME} = \begin{bmatrix} x_{DME1} \\ x_{DME2} \\ \dots \\ x_{DME N} \end{bmatrix}, y_{DME} = \begin{bmatrix} y_{DME1} \\ y_{DME2} \\ \dots \\ y_{DME N} \end{bmatrix}, z_{DME} = \begin{bmatrix} z_{DME1} \\ z_{DME2} \\ \dots \\ z_{DME N} \end{bmatrix}.$$

Розв'язування системи нелінійних навігаційних рівнянь виконують за ітеративним підходом з лінеаризацією системи рівнянь за допомогою розкладу у ряд Тейлора. Відповідно до цього підходу, вводять точку приблизного місцеположення літака з відповідними координатами  $x_{приб,i-1}, y_{приб,i-1}, z_{приб,i-1}$  та розраховують відстані між далекомірним обладнанням та введеною точкою приблизного місцеположення  $D_{приб,i}$ . У процесі розрахунку на кожному етапі ітерації оцінюють більш точне місцеположення ( $\Delta u$ ), поки потрібна точність розв'язку не буде досягнута:

$$x_{приб,i} = x_{приб,i-1} + \Delta x,$$

$$y_{приб,i} = y_{приб,i-1} + \Delta y,$$

$$z_{приб,i} = z_{приб,i-1} + \Delta z.$$

30 Уточнення координат місцеположення відбувається на кожному кроці ітерації наступним чином:

$$\Delta u = (H^T H)^{-1} H^T \Delta D,$$

де

$$H = \begin{bmatrix} \frac{x_{ПКприб} - x_{DME1}}{D_{приб1}} & \frac{y_{ПКприб} - y_{DME1}}{D_{приб1}} & \frac{z_{ПКприб} - z_{DME1}}{D_{приб1}} \\ \frac{x_{ПКприб} - x_{DME2}}{D_{приб2}} & \frac{y_{ПКприб} - y_{DME2}}{D_{приб2}} & \frac{z_{ПКприб} - z_{DME2}}{D_{приб2}} \\ \frac{x_{ПКприб} - x_{DME3}}{D_{приб3}} & \frac{y_{ПКприб} - y_{DME3}}{D_{приб3}} & \frac{z_{ПКприб} - z_{DME3}}{D_{приб3}} \end{bmatrix}, \Delta u = \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{bmatrix}, \Delta D = \begin{bmatrix} D_{приб1} - D_1 \\ D_{приб2} - D_2 \\ D_{приб3} - D_3 \end{bmatrix}.$$

35 Як інструмент для вимірювання відстані до наземних радіонавігаційних засобів використовують бортове обладнання DME.

40 Реалізацію способу позиціонування за сукупністю сигналів від дальномірного обладнання реалізують за допомогою двох бортових вимірювачів DME, системи управління радіонавігаційним засобами для налаштування кожного з DME на виконання вимірювань та обчислювальної системи літаководіння, що реалізує зберігання результатів вимірювань та розв'язок навігаційного рівняння.



УКРАЇНА

(19) UA (11) 134058 (13) U  
(51) МПК (2019.01)  
G01C 21/00

МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

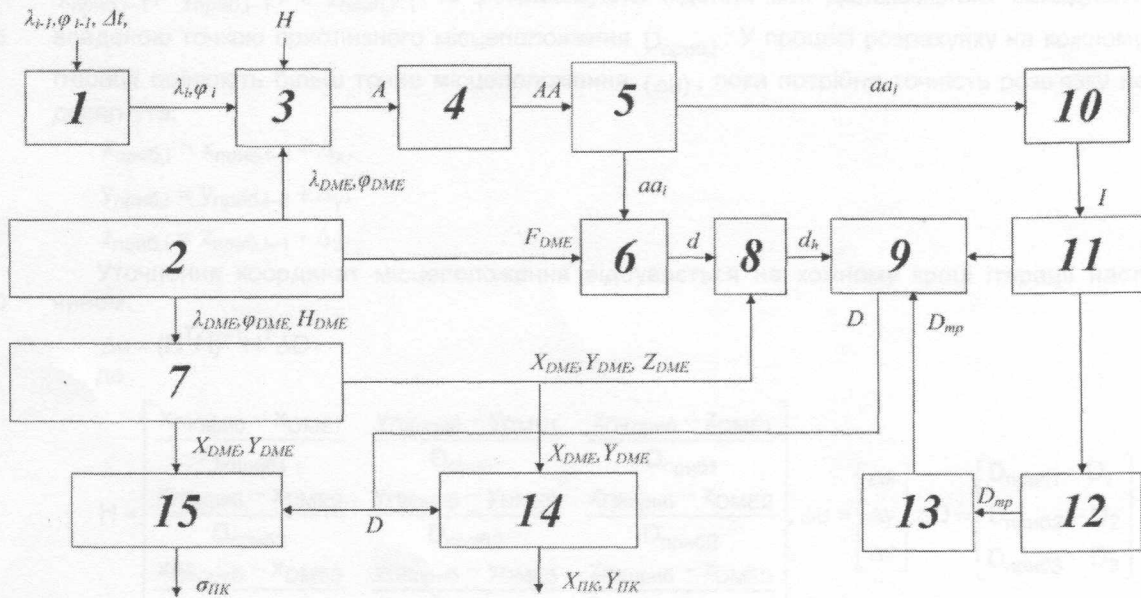
(21) Номер заявки: **u 2018 12434**  
(22) Дата подання заявки: **14.12.2018**  
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **25.04.2019**  
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **25.04.2019, Бюл.№ 8**

(72) Винахідник(и):  
**Остроумов Іван Вікторович (UA),  
Харченко Володимир Петрович (UA),  
Кузьменко Наталія Сергіївна (UA)**  
(73) Власник(и):  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ,  
просп. Комарова, 1, м. Київ, 03058 (UA)**

(54) СПОСІБ ПОЗИЦІОНУВАННЯ ЗА СУКУПНІСТЮ СИГНАЛІВ ВІД ДАЛЬНОМІРНОГО ОБЛАДНАННЯ

(57) Реферат:

Спосіб позиціонування за сукупністю сигналів від дальномірного обладнання включає вимірювання відстаней між повітряним кораблем та далекомірними радіомаяками. При цьому прогнозують відстані на основі попередніх спостережень та одночасно вимірюють дві відстані до радіомаяків. На підставі отриманих даних визначають координати місцеположення повітряного корабля, розв'язуючи систему навігаційних рівнянь з урахуванням похибки прогнозування.



UA 134058 U