

УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 98724

**СПОСІБ ПОЗИЦІОНУВАННЯ ЗА ІНФОРМАЦІЄЮ СИСТЕМИ
ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗІТКНЕНЬ ЛІТАКІВ**

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

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі **12.05.2015**.

Голова Державної служби
інтелектуальної власності України

А.Г. Жарінова



(21) Номер заявки: **u 2014 10941**

(22) Дата подання заявки: **07.10.2014**

(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **12.05.2015**

(46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: **12.05.2015, Бюл. № 9**

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

(73) Власник:
**НАЦІОНАЛЬНИЙ
АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,
пр. Комарова, 1, м. Київ,
03680, UA**

(54) Назва корисної моделі:

СПОСІБ ПОЗИЦІОНУВАННЯ ЗА ІНФОРМАЦІЄЮ СИСТЕМИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗІТКНЕНЬ ЛІТАКІВ

(57) Формула корисної моделі:

Спосіб позиціонування за інформацією системи попередження зіткнень літаків, що полягає у розрахунку координат місцеположення повітряного корабля, який **відрізняється** тим, що координати місцеположення оточуючих літаків та відстані до них отримують від системи попередження зіткнень літаків у повітрі і від приймача автоматичного залежного спостереження режиму "ES" та розв'язують систему навігаційних рівнянь за допомогою лінеаризації.



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **98724** (13) **U**
(51) МПК (2015.01)
G01C 21/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2014 10941	(72) Винахідник(и): Остроумов Іван Вікторович (UA), Кузьменко Наталія Сергіївна (UA)
(22) Дата подання заявки: 07.10.2014	(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, пр. Комарова, 1, м. Київ, 03680 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 12.05.2015	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 12.05.2015, Бюл.№ 9	

(54) СПОСІБ ПОЗИЦІОНУВАННЯ ЗА ІНФОРМАЦІЄЮ СИСТЕМИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗІТКНЕНЬ ЛІТАКІВ

(57) Реферат:

Спосіб позиціонування за інформацією системи попередження зіткнень літаків полягає у розрахунку координат місцеположення повітряного корабля. Координати місцеположення оточуючих літаків та відстані до них отримують від системи попередження зіткнень літаків у повітрі і від приймача автоматичного залежного спостереження режиму "ES" та розв'язують систему навігаційних рівнянь за допомогою лінеаризації.

UA 98724 U

Корисна модель належить до способу визначення координат місцеположення повітряного корабля з використанням електромагнітного випромінювання, зокрема до сфери навігації та попередження зіткнень літаків у повітрі.

5 Способи позиціонування, розроблені на основі винаходу, можуть бути використанні у побудові систем попередження зіткнень літаків у повітрі та пристроїв позиціонування для визначення власного місцеположення як резервного джерела координатної інформації.

10 У багатьох випадках застосовують способи для визначення місцеположення рухомих об'єктів. Особливу роль системам позиціонування відводять на борту повітряного корабля для своєчасного визначення точних координат місцеположення. Як основний спосіб позиціонування на борту повітряного корабля застосовують системи, що ґрунтуються на застосуванні глобальних систем позиціонування, таких, як, наприклад, GPS, ГЛОНАСС, GALILEO. В основі цих глобальних навігаційних супутникових систем лежать способи позиціонування [1, 2], згідно з якими виконується 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: інерційне [3], позиціонування за інформацією від обладнання всенаправлених радіомаяків VOR [4] позиціонування за інформацією від далекомірних радіомаяків DME [5], та їх комбінації. Кожному з резервних методів позиціонування притаманні певні недоліки, пов'язані з доступністю чи точністю визначення координат.

25 Застосування способів, що ґрунтуються на інерційних принципах [3] пов'язано з обмеженістю за часом використання та постійним зростанням похибки оцінювання координат. Відповідно до цього їх точність визначається за рівнем точності датчиків прискорень та гіроскопів, з урахуванням часу останнього оновлення координат від систем глобальної супутникової навігації.

30 Відомий спосіб точного визначення місцеположення з використанням сигналів високочастотних всеспрямованих радіомаяків [4], згідно з яким місцеположення повітряного корабля визначається за кутами напрямками на наземні радіомаяки та відомими координатами точного місцеположення антен наземних радіомаяків.

Точність цього способу залежить від взаємної геометрії розташування та кількості наземних радіомаяків, навігаційні сигнали яких доступні у повітряному просторі де перебуває повітряний корабель. Визначення координат місцеположення повітряного корабля передбачає наявність наземних радіомаяків, що не дозволяє застосовувати даний спосіб у переважній частині повітряного простору.

40 Відомий також, вибраний як прототип, є спосіб позиціонування за інформацією від далекомірних радіомаяків DME [5], передбачає розрахунок координат місцеположення повітряного корабля за відомою відстанню між повітряним кораблем та далекомірними радіомаяками DME, розміщених на земній поверхні та доступних у зоні дії бортового обладнання [6], з урахуванням точно відомих координат місцеположення передавальних антен наземних радіомаяків. Координати місцеположення повітряного корабля отримуються шляхом розв'язку навігаційного рівняння.

45 Однак даний спосіб передбачає наявність у зоні дії бортового обладнання DME, розміщених на земній поверхні радіомаяків. При цьому для способу точної навігаційної системи за інформацією DME [5] - достатнім є приймання сигналів від двох наземних радіомаяків, проте переважна більшість повітряного простору не покривається наземними далекомірними радіомаяками, через це даний спосіб позиціонування не може бути застосований у повітряному просторі за відсутності наземних радіомаяків DME поблизу. Крім того, точність позиціонування залежить від геометрії взаємного розташування наземних радіомаяків та повітряного корабля.

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

55 В основі корисної моделі поставлена задача розрахунку координат місцеположення літака у повітрі, під час польоту, за умови відсутності можливості використання глобальної супутникової системи позиціонування, систем позиціонування за наземними кутомірними чи далекомірними радіомаяками за відомими координатами базових точок, за які використовуються оточуючі літаки та відстані до них.

60 Поставлена задача вирішується тим, що спосіб позиціонування за інформацією системи попередження зіткнень літаків, що полягає у розрахунку координат місцеположення повітряного корабля, згідно з корисною моделлю, координати місцеположення оточуючих літаків та відстані

до них отримують від системи попередження зіткнень літаків у повітрі і від приймача автоматичного залежного спостереження режиму "ES" та розв'язують систему навігаційних рівнянь за допомогою лінеаризації.

5 Тут і надалі під системою попередження зіткнень літаків у повітрі позначається система, що визначає місцеположення оточуючих літаків, що знаходяться у зоні її дії відносно до власного за рахунок вимірювання відстані та напрямку автономними засобами з подальшою індикацією на дисплеї пілота чи використанням цієї інформації у алгоритмах виявлення потенційно-можливої конфліктної ситуації та розрахунку траєкторії її уникнення.

10 Відповідно до сучасних вимог, що висуваються до літаків цивільної авіації, до складу обладнання має входити система попередження зіткнень літаків у повітрі у певній її модифікації. Подібні системи містять у своєму складі обладнання взаємодії з літаковими відповідачами та у алгоритмах своєї роботи вимірюють відстань до оточуючих літаків у межах дії системи, крім того, інформація, щодо місцеположення літаків отримується від систем автоматичного залежного спостереження у ширококомовному режимі чи міститься у повідомленні літакового відповідача. Тим самим вихідні дані для оцінки власного місцеположення наявні у системах літака та доступні для використання. При цьому слід врахувати, що для визначення координат шляхом розв'язки системи навігаційних рівнянь необхідно, щонайменше мати координати та дальності до трьох літаків. Точність визначення координат залежить від точності інформації, щодо місцеположення сусідніх літаків та взаємного геометрії розташування.

20 Крім того, згідно з корисною моделлю, інформація стосовно місцеположення навколишніх літаків отримується після приймання та декодування повідомлень літакових відповідачів, що передаються на частоті 1090 МГц. у режимі S за запитом від антен системи попередження зіткнень літаків у повітрі TCAS та режимі ES (ES-extended squitter), що періодично випромінюються та відповідають вимогам автоматичного залежного спостереження у ширококомовному режимі.

25 Заявлений спосіб здійснюється таким чином.

Спосіб позиціонування базується на використанні інформації, що отримують від системи попередження зіткнень літаків у повітрі. Відповідно до принципів роботи через певні проміжки часу генерують сигнали запиту на частоті 1030 МГц та випромінюють їх у простір. Отримують 30 сигнали запиту приймачами літакових відповідачів режиму "S", розміщених на повітряних кораблях, що знаходяться у зоні дії системи попередження зіткнень літаків у повітрі. Через певний проміжок часу генерують та випромінюють у простір сигнали відповіді на частоті 1090 МГц. У відповіді міститься інформація про ідентифікаційний номер, абсолютну та відносну висоту, координати місцеположення повітряного корабля та інші дані. Приймають сигнали відповіді та декодують інформацію, закладену в них системою попередження зіткнень літаків. 35 Прийняту інформацію опрацьовують для визначення відносного місцеположення оточуючих повітряних кораблів та реалізують функції попередження зіткнень літаків у повітрі. Слід зазначити, що при реалізації функції попередження зіткнень отримують точні відстані, кути напрямку та координати місцеположення оточуючих літаків. Як резервне джерело координат місцеположення оточуючих літаків використовують приймачі сигналів автоматичного залежного спостереження, що працюють за режимом "ES". Інформацію від них отримують через певні проміжки часу з випроміненого у простір радіосигналу, що містить інформацію відносно власного місцеположення повітряного корабля та інші дані. Прийнятий сигнал декодують та екстрагують інформацію, що міститься у його повідомленнях. Точні відстані та координати 45 місцеположення оточуючих літаків отримані з повідомлень режиму "S" чи режиму "ES", у разі наявності, використовують як вхідні дані для алгоритму розв'язання навігаційного рівняння.

Визначають координати місцеположення повітряного корабля (x_0, y_0, z_0) у глобальній геоцентричній системі координат ECEF у випадку наявної необхідної кількості літаків навколо (більше двох), за рахунок розв'язання навігаційного рівняння виду:

$$50 \quad D_i^2 - (x_0 - x_{пкі})^2 + (y_0 - y_{пкі})^2 + (z_0 - z_{пкі})^2,$$

де $x_{пкі}$, $y_{пкі}$, $z_{пкі}$ - координати місцеположення і-го повітряного корабля; D_i - похила відстань до і-го ПК.

Розв'язок системи нелінійних навігаційних рівнянь отримують за допомогою лінеаризації системи рівнянь з застосуванням методу найменших квадратів для пошуку невідомих величин. 55 Для цього вводять низку допоміжних величин:

$$\Delta D_i = \hat{D}_i - D_i,$$

$$\Delta x_i = \hat{x}_i - x_0, \quad \Delta y_i = \hat{y}_i - y_0, \quad \Delta z_i = \hat{z}_i - z_0,$$

$$\hat{r}_i^2 = (x_0 - \hat{x}_i)^2 + (y_0 - \hat{y}_i)^2 + (z_0 - \hat{z}_i)^2,$$

$$a_{xi} = \frac{x_{ПК} - \hat{x}_i}{\hat{r}_i^2}, \quad a_{yi} = \frac{y_{ПК} - \hat{y}_i}{\hat{r}_i^2}, \quad a_{zi} = \frac{z_{ПК} - \hat{z}_i}{\hat{r}_i^2},$$

де $\hat{x}_i, \hat{y}_i, \hat{z}_i$ - координати номінальних точок, ΔD - відстань від номінальної точки до ПК.

З урахуванням цього навігаційне рівняння представляють у матричному лінеаризованому вигляді:

$$\Delta D = H \Delta X,$$

де

$$\Delta D = \begin{pmatrix} \Delta D_1 \\ \Delta D_2 \\ \vdots \\ \Delta D_N \end{pmatrix}, \quad H = \begin{pmatrix} a_{x1} & a_{y1} & a_{z1} \\ a_{x2} & a_{y2} & a_{z2} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{xN} & a_{yN} & a_{zN} \end{pmatrix}, \quad \Delta X = \begin{pmatrix} \Delta x_i \\ \Delta y_i \\ \Delta z_i \end{pmatrix}, \quad i = 1..N.$$

Розв'язання лінійної системи рівнянь отримують у вигляді:

$$\Delta X = (H^T H)^{-1} H^T \Delta D.$$

Як інструмент для вимірювання відстані до сусідніх літаків можуть використовувати системи попередження зіткнень літаків у повітрі TCAS, що застосовують активний метод спостереження повітряного руху.

Реалізація способу позиціонування за інформацією системи попередження зіткнень літаків у повітрі реалізують за допомогою системи попередження зіткнень літаків у повітрі, приймача сигналів автоматичного залежного спостереження у режимі "ES" та обчислювача, що реалізує розв'язок навігаційного рівняння. Операції з розв'язку навігаційного рівняння можуть виконуватись усередині обчислювальної системи літаководіння чи у обчислювачі системи попередження зіткнень літаків у повітрі.

Спосіб позиціонування, згідно з корисною моделлю, забезпечує визначення координат місцеположення повітряного корабля у випадку відмови чи недоступності супутникової системи позиціонування та резервних алгоритмів позиціонування за інформацією від наземних навігаційних радіомаяків, таким чином забезпечується постійна наявність інформації, щодо власного місцеположення, що підвищує рівень безпеки виконання польотів літаків.

Джерела інформації:

1. А.с. США. № US5077557 А, US 07/460.914. 1991.
2. А.с. України. № UA101991, МПК G01S 5/14. 2009.
3. А.с. США. № WO2008147232 А1, PCT/PT2007/000021. 2008.
4. А.с. США. № US8179318 В1, US 12/556,714. 2012.
5. А.с. США. № US4583177 А, US 06/453,671. 1986.
6. А.с. США. № US4642639 А, US 06/537,879. 1987.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб позиціонування за інформацією системи попередження зіткнень літаків, що полягає у розрахунку координат місцеположення повітряного корабля, який **відрізняється** тим, що координати місцеположення оточуючих літаків та відстані до них отримують від системи попередження зіткнень літаків у повітрі і від приймача автоматичного залежного спостереження режиму "ES" та розв'язують систему навігаційних рівнянь за допомогою лінеаризації.