

Винахід відноситься до способів і пристроїв забезпечення безпеки експлуатації літальних апаратів, зокрема, до способів попередження та/або відвернення нештатних ситуацій, пов'язаних з можливим потраплянням літального апарата у небезпечну зону збуреного повітряного потоку від іншого об'єкта, так званого вихрового сліду, генерованого об'єктом, в тому числі при обтіканні об'єкта повітряним потоком.

Проблема забезпечення безпеки польотів літальних апаратів є досить актуальною і включає в себе цілий ряд як науково-технічних, так і організаційно-методичних проблем. Однією з таких проблем є забезпечення безпеки польотів в умовах, коли фактором, що визначає рівень безпеки польотів, є дія на літальний апарат аеродинамічних струменів високого ступеня турбулентності, що утворюються як при русі поблизу літального апарата об'єкта, що генерує струмені, так і при наявності поблизу літального апарата об'єктів, обтічних повітряними потоками, що мають високий ступінь турбулентності і завихреності.

Відомо, що при русі літального апарата у повітряному просторі утворюється так званий "вихровий слід", що формується обтікаючим його повітряним потоком.

Потрапляння літального апарата у вихровий слід іншого об'єкта, наприклад, іншого літального апарата, призводить до значної зміни кутів атаки і ковзання. На літальний апарат при цьому діють аеродинамічні сили і моменти, які можуть, наприклад, відкинути його убік від сліду і при малих висотах, наприклад при посадці або зльоті літального апарата, призвести до нештатних ситуацій через неможливість компенсації такої дії органами керування літального апарата.

Поява в авіації літальних апаратів, що мають крила малих подовжень з великим питомим навантаженням, призводить до збільшення інтенсивності вихрового сліду, що відповідно збільшує небезпеку потрапляння у нього літального апарата.

Численні дослідження переміщення і згасання вихрів показали, що такі атмосферні фактори, як вітер, зсув вітру, стратифікація і турбулентність, відіграють важливу роль в цих процесах.

Існує потенційна можливість оптимізації безпечних відстаней між літальними апаратами під час посадки, зльоту та польоту на основі достовірного прогнозування динаміки вихрового сліду з урахуванням поточного і короткотривалого прогнозу відповідних метеорологічних умов, впливу атмосферних умов і близькості землі на динаміку вихрового сліду.

Одним з основних напрямків вирішення проблеми забезпечення безпеки польоту літального апарата в умовах, коли визначальним фактором є вихровий аеродинамічний слід, є вибір режимів польоту, які забезпечують заданий рівень безпеки.

Сприяти вирішенню цього завдання може створення бортових обчислювальних систем, що працюють у реальному масштабі часу, визначають ступінь небезпеки аеродинамічних збурень, які діють на літальний апарат, дозволяють вибрати спосіб наступної корекції керування літальним апаратом з метою найбільш ефективною компенсації цих збурень.

Іншим завданням, яке можна віднести до інформаційних, є надання пілоту інформації про положення вихрового сліду і положення літального апарата відносно нього у прогнозований момент часу.

Відомий спосіб і пристрій створення візуальних відображень вихрових слідів шляхом математичного моделювання їх на основі характеристик літального апарата, який генерує вихровий слід, з урахуванням впливу атмосферних умов на стан вихрового сліду. При цьому, згідно з технічним рішенням, у пристрої використаний швидкореагуючий дисплей, на якому здійснюють візуалізацію змодельованих вихрових слідів від кожного літального апарата, що знаходиться поблизу зазначеного літального апарата (US, 5845874, A). Однак при наявності в оточенні літального апарата великої кількості інших літальних апаратів, наприклад поблизу аеродрому, дисплей може показувати велику кількість змодельованих вихрових слідів, що призведе до труднощів визначення, які з вихрових слідів становлять для літального апарата реальну небезпеку і які можна ігнорувати.

Одним з найбільш перспективних шляхів підвищення безпеки польоту є надання пілоту у реальному масштабі часу прогнозованого положення вихрових слідів, потрапляння в які може призвести до льотної пригоди.

Відома система попередження про турбулентність сліду, призначена для розміщення на борту літальних апаратів, що передбачає інформування екіпажу літального апарата про потенційний вхід у вихровий слід іншого літального апарата тільки тоді, коли система визначить, що вхід зазначеного літального апарата у вихровий слід іншого літального апарата відбудеться через певний заданий проміжок часу (US, 6177888, A).

При цьому система передбачає взаємодію цих літальних апаратів між собою, обмін попереджувальними сигналами та інформацією про висоту польоту, дистанцію та пеленг, відслідковування траєкторії польоту об'єму вихрового сліду з урахуванням місцевої швидкості вітру і має можливість визначати відстань або час до входження літального апарата в об'єм вихрового сліду іншого літального апарата. Система забезпечує індикацію про близькість до об'єму вихрового сліду, коли відстань або час до такого входження стає менше заданого порога. При цьому ширину та висоту об'єму вихрового сліду обчислюють в кожній точці з безлічі точок уздовж траєкторії вихрового сліду у вигляді функції відстані від зазначеної точки до сусіднього літального апарата.

Однак така система не вирішує завдання інформування пілота про ступінь небезпеки потрапляння у виявлені вихрові сліди та про раціональний маневр літального апарата з метою

уникнення потрапляння у вихровий слід.

Крім того, різноманітність умов експлуатації літальних апаратів потребує зменшення дистанцій між літальними апаратами, наприклад при послідовному зльоті або посадці літальних апаратів на аеродромах, що є важливим для збільшення пропускної здатності аеродромів.

Достовірне знання положення і структури вихрового сліду та особливостей його дії на літальний апарат у прогнозований момент часу буде сприяти задовільненню суперечливих вимог підвищення ефективності виконання льотних завдань і підвищенню безпеки польотів.

Відома система попередження зіткнень з вихровим слідом, яку встановлюють на кожному літальному апараті для попередження пілота про прогнозовану небезпеку присутності в оточуючому літальний апарат просторі іншого літального апарата (US, 6211808, B1), яка являє собою сферичну антену, виконану з діелектричного матеріалу, яка має вісім секторів з установленими в них приймальними пристроями для отримання мікрохвильових сигналів, відбитих від інших літальних апаратів, що знаходяться поблизу нього. Однак така система є дорогою і не надає пілоту інформації про наявність небезпечних повітряних збурень.

Відоме технічне рішення, що стосується схеми і способу попередження перетину шляху літака з вихровим слідом іншого літака (WO 00/71985), яке полягає у визначенні положення, конфігурації та виду вихрових збурень, викликаних іншим літаком, присутність якого виявляють за допомогою інформації від бортових систем першого літака, інформації від іншого літака або інформації з аеродрому, визначення його висоти, передбаченого положення генерованого ним вихрового сліду з урахуванням атмосферних умов, зокрема, швидкості та напрямку вітру, температури повітря, вивірці отриманих даних з довідковою таблицею або моделюванні вихрового сліду з візуалізацією положення та його траєкторії відносно першого літака, передбачення точки перетину траєкторії вихрового сліду і шляху руху першого літака з генеруванням сигналу небезпеки у разі такого перетину. В основному, спосіб застосовується для забезпечення безпеки руху двох літаків в зоні аеропорту, і реалізація його може приводити до збільшення висоти польоту першого літака над другим літаком. При цьому використовується система Traffic Collision Avoidance System. Однак при цьому пілоту першого літака візуалізується інформація про всі області (зони) завихреності, передбачувані в районі руху першого літака через присутність другого літака, що не дає пілоту всієї картини справжньої небезпеки цих завихреностей для його польоту.

Відомо, що Національна адміністрація з авіації та космонавтики США (NASA) приділяє велику увагу підвищенню ефективності зони аеродрому, зокрема, при зльоті та посадці літальних апаратів, і одним з напрямків розробок є роботи по створенню Системи визначення вихрового інтервалу (AVOSS), яка буде об'єднувати виходи різних систем і виробляти залежні від погодних умов динамічні критерії величин інтервалів вихрових слідів [37th Aerospace Sciences Meeting & Exhibit, January 11-14, 1999, Reno, NV, NASA Langley Research Center, Hampton, VA]. Ці системи представляють поточні і прогнозовані погодні умови, моделі переміщення вихрового сліду та його згасання в цих погодних умовах від поверхні землі до висоти посадкової або злітної глісади, а також здійснюють зворотний зв'язок поведінки вихрових слідів у реальному часі. Поведінку сліду порівнюють з визначеними попередньо розмірами коридору безпеки та визначенням умирання сліду, в результаті чого знаходять шукані інтервали розділення для літаків. Якщо сліди продовжують існувати довше, ніж очікувалось, то зменшення інтервалів між зльотом літаків або їхньою посадкою забороняють. При цьому поведінку сліду обчислюють на безлічі "вікон" заходу на посадку від висоти глісади до торця злітно-посадкової смуги.

Однак в цій системі є ряд обмежень, таких, як відсутність урахування вертикального зсуву вітру, який може перешкоджати опусканню сліду або привести до його підйому, відсутність урахування конкретного масштабу турбулентності, необхідного для моделювання згасання сліду, та інші, які можуть призвести до нештатної ситуації внаслідок невідповідності раніше наданих диспетчеру обчислених параметрів сліду фактичним параметрам сліду.

Крім того, застосування системи AVOSS призведе до збільшення навантаження на диспетчерів польотів, які і в теперішніх умовах зазнають значних емоційно-стресових навантажень на фоні значної інтенсифікації їхньої роботи, що є небажаним, оскільки збільшує можливість прийняття диспетчером неадекватних рішень.

Слід мати на увазі, що зарубіжні системи безпеки орієнтовані, головним чином, на застосування так званих інструментальних правил польоту, коли керування літальним апаратом здійснюється на основі команд диспетчера польоту, реалізованих у директорному або автоматичному режимі.

Однак відомо, що в операторській діяльності найбільш складним є прийняття рішення в екстремальній ситуації. Воно складається з двох етапів: розпізнання ситуації та визначення порядку дій для її ліквідації. Перед виконанням кожної наступної дії оператор повинен передбачати свої наступні кроки. Сприйняття візуальних або речових сигналів у словесній формі з довготривалої пам'яті, із засобів відображення або на слух потребує певного часу в умовах дефіциту часу. Час сприйняття графічних символів є значно меншим, розпізнання ситуації при індикації виділених зон зображення дозволяє також підвищити адекватність прийняття рішення.

Крім того, вплив такого фізичного фактора, як прискорення, викликає зниження мозкового кровообігу у пілота, що в умовах нервово-емоційного перенапруження може викликати навіть короткочасне відключення свідомості. Тому надання пілоту або диспетчеру польоту інформації, необхідної для прийняття рішення, до настання моменту прийняття рішення і в графічних

символах є таким, якому віддається перевага.

Метою створення винаходу є розробка системи забезпечення безпеки польоту літального апарата в умовах небезпеки потрапляння в зони вихрових слідів, генерованих іншими літальними, наземними, морськими рухомими та нерухомими об'єктами, що знаходяться поблизу літального апарата, що летить, в тому числі при його зльоті або посадці.

При створенні винаходу було поставлене завдання розробки комплексної системи вихрової безпеки, яка включає інформування користувача про наявність поблизу літального апарата генерованих різними об'єктами вихрових слідів, які можуть становити небезпеку для літального апарата, за критерієм небезпеки, який задає користувач системи, та геометричні параметри зон, потрапляння в які літального апарата після закінчення певного часу після такого інформування може призвести до льотної пригоди, і спонукання пілота або інших користувачів, які мають можливість впливати на режими польоту літального апарата, до формування керуючого сигналу, що забезпечує здійснення літальним апаратом маневру відхилення від потрапляння у небезпечні зони вихрових слідів.

Поставлене завдання було вирішене розробкою інтегрованої системи вихрової безпеки літального апарата, яка включає:

- підсистему інформації про літальний апарат, здатну фіксувати, зберігати і надавати користувачам інформацію про літальний апарат у просторі;
- підсистему інформації про генератори вихрового сліду, здатну фіксувати, зберігати і надавати користувачам інформацію про генератори вихрів в зоні знаходження літального апарата;
- підсистему інформації про оточуюче середовище, здатну фіксувати, зберігати і надавати користувачам інформацію про стан оточуючого середовища в зоні знаходження літального апарата в даний момент часу і в прогнозований момент часу;
- підсистему попередження користувачів про можливість потрапляння літального апарата у небезпечну зону вихрового сліду генератора вихрів у прогнозований момент вибраного користувачем часу випередження;
- підсистему користувача, здатну принаймні приймати, зберігати та відображати для користувача інформацію, що надходить від інших підсистем, і формувати сигнал, приписуючий здійснення літальним апаратом маневру, що забезпечує відхилення літального апарата від небезпечної зони вихрових слідів генераторів вихрів протягом вибраного користувачем часу випередження після отримання користувачем попередження про можливість потрапляння літального апарата у небезпечну зону вихрового сліду генератора вихрів у прогнозований момент часу;
- комунікаційну підсистему, що забезпечує інтеграцію підсистем у єдиний комплекс.

При цьому, згідно з винаходом, в інтегрованій системі:

- підсистема інформації про літальний апарат забезпечує приймання, обробку, зберігання і передачу підсистемі попередження користувачів, принаймні, інформації про конфігурацію, координатах та орієнтації літального апарата в інерціальній системі координат, про проекції швидкості літального апарата та проекції кутової швидкості у пов'язаній з літальним апаратом системі координат;
- підсистема інформації про генератори вихрових слідів забезпечує приймання, обробку, зберігання і передачу користувачу, принаймні, інформації про типи генераторів вихрів, їхні координати та орієнтацію, проекції швидкості та кутової швидкості в інерціальній системі координат;
- підсистема інформації про оточуюче середовище забезпечує приймання, обробку, зберігання і передачу користувачу, принаймні, інформації про проекції швидкості вітру в інерціальній системі координат на різних висотах в зоні локалізації вихрових слідів, ступені турбулентності атмосфери;
- підсистема попередження користувача про можливість потрапляння літального апарата у небезпечні зони вихрових слідів генераторів вихрів здійснює, принаймні, розрахунок положення, інтенсивності та небезпечних зон вихрових слідів генераторів вихрів, зони прогнозованих положень літального апарата у прогнозований момент часу і направляє підсистемі користувача інформацію про можливе потрапляння літального апарата у небезпечні зони вихрових слідів генераторів вихрів у прогнозований момент часу;
- підсистема користувача здійснює приймання, обробку, зберігання та відображення за допомогою засобів індикації та візуалізації інформації від підсистемі попередження, принаймні, про настання у прогнозований момент часу події рівності нулю відстані від зони прогнозованих положень літального апарата до небезпечної зони вихрового сліду генератора вихрів і формує приписуючий сигнал зміни положення літального апарата, що забезпечує збільшення зазначеної відстані.

Крім того, згідно з винаходом, в інтегрованій системі доцільно, щоб:

- підсистема інформації про літальний апарат була реалізована на основі штатного бортового обладнання літального апарата та/або обладнання наземного, морського та/або авіаційно-космічного навігаційних комплексів;
- підсистема інформації про генератори вихрового сліду була реалізована на основі штатного бортового обладнання літального апарата та/або штатного обладнання генератора вихрів, та/або

обладнання системи керування повітряним рухом наземного, морського та/або авіаційно-космічного навігаційних комплексів;

- підсистема інформації про оточуюче середовище була реалізована на основі штатного бортового обладнання літального апарата та/або на основі штатного обладнання метеорологічного забезпечення системи керування повітряним рухом або обладнання у складі наземного, морського та/або авіаційно-космічного навігаційних комплексів;

- підсистема попередження користувача про можливість потрапляння літального апарата у небезпечні зони вихрових слідів генераторів вихрів була реалізована на основі програмного забезпечення обчислювальних систем користувача та/або бортових систем

єдиної індикації та/або систем індикації диспетчерських служб керування повітряним рухом або обладнання у складі наземного, морського та/або авіаційно-космічного навігаційних комплексів у місці розміщення диспетчера польоту;

- підсистема користувача була реалізована на основі програмного забезпечення обчислювальних систем користувача і пристроїв візуалізації та індикації у складі штатного бортового обладнання літального апарата та/або наземного або морського навігаційного комплексу у місці розміщення диспетчера польоту;

- комутаційна підсистема була реалізована на основі систем телекодowego зв'язку та/або бортових мультиплексних каналів інформаційного обміну.

При цьому, згідно з винаходом, в інтегрованій системі користувачем може бути літальний апарат, і реалізація приписуючого сигналу може бути здійснена екіпажем або системою автоматичного керування літального апарата.

Крім того, згідно з винаходом, в інтегрованій системі користувачем може бути диспетчерська служба керування повітряним рухом, при цьому приписуючий сигнал передають екіпажу літального апарата, і реалізація сигналу може бути здійснена екіпажем або системою автоматичного керування літальним апаратом.

При цьому, згідно з винаходом, доцільно, щоб інтегрована система як підсистема попередження про можливість потрапляння літального апарата у небезпечну зону вихрового сліду генератора вихрів у прогнозований момент часу містила підсистему, яка включає:

- пристрій слідкування за параметрами літального апарата, здатний приймати інформацію про конфігурацію, положення, координати та орієнтацію літального апарата відносно інерціальної системи координат у даний момент часу;

- пристрій слідкування за генератором вихрів, здатний приймати інформацію про положення, геометричні і масові характеристики генератора вихрів відносно тієї самої системи координат у даний момент часу, та про параметри його руху;

- запам'ятовуючий пристрій, здатний зберігати інформацію про положення та параметри руху генератора вихрів в інерціальній системі координат;

- детектор параметрів середовища, здатний приймати інформацію про параметри оточуючого середовища в зоні спільного розміщення літального апарата і генератора вихрів у даний момент часу;

- пристрій слідкування за вихровим слідом, здатний визначати траєкторію та інтенсивність вихрового сліду генератора вихрів як сукупності траєкторій центрів областей завихреності, в інерціальній системі координат;

- запам'ятовуючий пристрій, здатний зберігати інформацію про координати точок траєкторії та інтенсивності сліду генератора вихрів як сукупності траєкторій центрів областей завихреності, в інерціальній системі координат;

- пристрій вибору часу випередження, упродовж якого, принаймні, можливе здійснення маневру зміни траєкторії польоту літального апарата, що забезпечує відхилення літального апарата від вихрового сліду генератора вихрів після попередження про можливість потрапляння у нього;

- пристрій моделювання контрольної площини, здатний обчислювати випереджальну відстань, що дорівнює відстані, яку долає літальний апарат за час випередження, формувати контрольну площину, розташовану у просторі перед літальним апаратом перпендикулярно напрямку його руху на випереджальній відстані від нього, і визначати прогнозований момент часу польоту літального апарата через контрольну площину в інерціальній системі координат;

- пристрій визначення параметрів небезпечної зони, здатний визначати геометричні характеристики небезпечної зони вихрового сліду генератора вихрів як сукупності небезпечних зон областей завихреності, генерованих генератором вихрів, у прогнозований момент часу;

- пристрій прогнозування, здатний визначати траєкторію вихрового сліду генератора вихрів як сукупність траєкторій центрів областей завихреності, генерованих генератором, та інтенсивність вихрового сліду відносно інерціальної системи координат у прогнозований момент часу;

- пристрій обчислення точок перетину, здатний визначати координати точок перетину траєкторії вихрового сліду генератора вихрів з контрольною площиною у прогнозований момент часу перетину літальним апаратом зазначеної контрольної площини;

- пристрій формування зон і областей, який забезпечує: формування навколо точки перетину траєкторії вихрового сліду з контрольною площиною небезпечної зони вихрового сліду як сукупності небезпечних зон областей завихреності, генерованих генератором, при потрапленні в яку у літального апарата параметри руху можуть перевищити допустимі межі; формування у

зазначеній контрольній площині області прогнозованих з урахуванням установлених нормативів виробництва польоту положень літального апарата у прогнозований момент перетину літальним апаратом контрольної площини; формування навколо області прогнозованих положень області підвищеної уваги, інформація про потрапляння в яку небезпечної зони вихрового сліду повинна бути надана користувачу;

- блок переходу, здатний обчислювати координати області прогнозованих положень літального апарата, області підвищеної уваги і небезпечної зони вихрового сліду в системі координат, пов'язаній з літальним апаратом;

- перший блок перевірки умови перетину, здатний визначати відстань від області підвищеної уваги до небезпечної зони вихрового сліду та фіксувати момент його рівності нулю;

- другий блок перевірки умови перетину, здатний визначати відстань від області прогнозованих положень літального апарата до небезпечної зони вихрового сліду та фіксувати момент його рівності нулю;

- перший сигнальний пристрій, що забезпечує формування і передачу підсистемі користувача сигналу про настання події рівності нулю відстані від області підвищеної уваги до небезпечної зони вихрового сліду генератора вихрів;

- другий сигнальний пристрій, що забезпечує формування і передачу підсистемі користувача аварійного сигналу про настання події рівності нулю відстані від області прогнозованих положень літального апарата до небезпечної зони вихрового сліду генератора вихрів.

При цьому, згідно з винаходом, доцільно, щоб в інтегрованій системі:

- пристрій слідкування за параметрами літального апарата був здатний приймати інформацію, принаймні, про конфігурацію, координати, швидкість переміщення, кути тангажа, ристання та крен літального апарата;

- пристрій слідкування за генератором вихрів був здатний приймати інформацію, принаймні, про тип генератора вихрів, швидкість його переміщення, кутову швидкість і координати точок його траєкторії;

- детектор параметрів середовища був здатний приймати інформацію, принаймні, про величину і напрям локальної швидкості вітру, профіль вітру по висоті, ступінь турбулентності, тип підстилаючої поверхні;

- пристрій слідкування за вихровим слідом був здатний визначати траєкторію та інтенсивність вихрового сліду генератора вихрів як сукупності траєкторій центрів областей завихреності на основі збереженої інформації про тип генератора вихрів, координати точок його траєкторії, швидкість переміщення і кутову швидкість;

- пристрій моделювання контрольної площини був здатний моделювати контрольну площину на основі інформації про місцезнаходження, орієнтацію та швидкість переміщення літального апарата та величину часу випередження;

- пристрій визначення параметрів небезпечної зони був здатний визначати геометричні характеристики небезпечної зони вихрового сліду генератора вихрів на основі збереженої інформації про координати точок траєкторії та інтенсивності сліду генератора вихрів, інформації про конфігурацію, положення, швидкість переміщення та кутову швидкість літального апарата в інерціальній системі координат;

- пристрій прогнозування був здатний визначати траєкторію вихрового сліду генератора вихрів та інтенсивність вихрового сліду на основі інформації про траєкторію та інтенсивність вихрового сліду як сукупності траєкторій центрів областей завихреності, генерованих генератором вихрю, в інерціальній системі координат;

- пристрій обчислення точок перетину був здатний визначати координати точок перетину траєкторії вихрового сліду генератора вихрів з контрольною площиною на основі інформації про координати контрольної площини, траєкторію вихрового сліду в інерціальній системі координат у прогнозований момент часу;

- пристрій формування зон і областей був здатний формувати небезпечну зону вихрового сліду, область прогнозованих положень літального апарата, область підвищеної уваги на основі інформації про координати точок перетину вихрового сліду генератора вихрів у прогнозований момент часу, інформації про геометричні характеристики небезпечної зони як сукупності небезпечних зон областей завихреності, генерованих генератором вихрів, інформації про конфігурацію, положення, орієнтацію, швидкість переміщення та кутову швидкість літального апарата з урахуванням установлених нормативів виробництва польоту в інерціальній системі координат;

- блок переходу був здатний обчислювати координати області прогнозованих положень літального апарата, області підвищеної уваги та небезпечної зони вихрового сліду в системі координат, пов'язаній з літальним апаратом, на основі інформації про координати області підвищеної уваги, області прогнозованих положень і небезпечної зони вихрового сліду у прогнозований момент часу в інерціальній системі координат та інформації про конфігурацію, координати літального апарата та його положення, бажано, кутах тангажа, ристання та крену, в інерціальній системі координат в даний момент часу.

Крім того, розумно, щоб в інтегрованій системі, згідно з винаходом, підсистема попередження містила пристрій слідкування за генератором вихрів, запам'ятовуючий пристрій, пристрій слідкування за вихровим слідом, пристрій визначення параметрів небезпечної зони, пристрій

прогнозування, пристрій обчислення точок перетину, пристрій формування зон і областей, блок переходу, перший і другий блоки перевірки умови перетину та сигнальні пристрої, здатні одночасно забезпечити виконання своїх функцій відносно кожного з генераторів вихрів, що знаходяться поблизу літального апарата.

При цьому краще, щоб в інтегрованій системі, згідно з винаходом, у підсистемі попередження пристрій вибору часу випередження був виконаний з можливістю здійснення поточної корекції часу випередження.

Крім того, краще, щоб у підсистемі попередження інтегрованої системи, згідно з винаходом, пристрій формування зон і областей був виконаний з можливістю здійснення поточної корекції координат області прогнозованих положень літального апарата.

Крім того, згідно з винаходом, краще, щоб у підсистемі попередження інтегрованої системи пристрій формування зон і областей був виконаний з можливістю здійснення поточної корекції координат області підвищеної уваги.

При цьому, згідно з винаходом, краще, щоб поточну корекцію часу випередження, поточну корекцію координат області прогнозованих положень і поточну корекцію області підвищеної уваги можна було здійснювати в режимі ручного регулювання.

Крім того, згідно з винаходом, доцільно, щоб зазначену корекцію можна було здійснювати у напівавтоматичному та автоматичному режимі.

Крім того, доцільно, щоб в інтегрованій системі безпеки підсистема користувача містила пристрій візуалізації для користувача інформації про розміщення у контрольній площині області прогнозованих положень літального апарата та небезпечних зон вихрових слідів генераторів вихрів.

Крім того, краще, щоб в інтегрованій системі підсистема користувача містила пристрій індикації та пристрій аварійної індикації, вибрані з групи, що включає пристрої візуальної, аудіо- і тактильної індикації.

При цьому, згідно з винаходом, доцільно, щоб в інтегрованій системі підсистема попередження як пристрій визначення параметрів небезпечної зони вихрового сліду генератора вихрів містила пристрій, що включає:

- блок схематизації літального апарата, здатний обчислювати сукупність геометричних характеристик літального апарата, необхідних для розрахунку діючих на нього додаткових аеродинамічних сил і моментів, індукованих вихровим слідом генератора вихрів;

- блок визначення додаткових діючих на літальний апарат у заданій точці простору аеродинамічних сил і моментів, індукованих вихровим слідом генератора вихрів, здатний обчислювати їх на основі збереженої інформації про координати точок траєкторій центрів завихреності та інтенсивності сліду генератора вихрів як сукупності траєкторій центрів областей завихреності в інерціальній системі координат, інформації про конфігурацію, положення, швидкість переміщення та кутову швидкість літального апарата в інерціальній системі координат та геометричні характеристики літального апарата;

- блок визначення небезпеки аеродинамічних збурень у заданій точці простору, здатний робити оцінку небезпеки збурень за критерієм небезпеки, встановленим користувачем;

- блок визначення безлічі точок простору, в яких додаткові аеродинамічні сили і моменти, індуковані вихровим слідом генератора вихрів, є небезпечними, здатний обчислювати координати точок простору, які належать небезпечній зоні, на основі відбору їх за критерієм небезпеки, встановленим користувачем;

- блок визначення геометричних характеристик небезпечної зони вихрового сліду, здатний обчислювати їх на основі інформації про координати точок, що належать небезпечній зоні.

При цьому, згідно з винаходом, у підсистемі попередження у пристрої визначення параметрів небезпечної зони блок визначення геометричних характеристик небезпечної зони вихрового сліду здатен апроксимувати межу небезпечної зони.

При цьому, згідно з винаходом, доцільно, щоб в інтегрованій системі як критерій небезпеки вихрового сліду генератора вихрів було вибрано допустиму величину крену літального апарата.

Крім того, згідно з винаходом, в інтегрованій системі безпеки як критерій небезпеки вихрового сліду генератора вихрів може бути вибраний момент крену, індукований вихровим слідом генератора вихрів на літальному апараті.

При цьому, згідно з винаходом, доцільно, щоб в інтегрованій системі у підсистемі попередження пристрій слідування за вихровим слідом і пристрій прогнозування містили програмований компонент, а пристрій визначення параметрів небезпечної зони був реалізований у програмному забезпеченні програмованого компонента.

При цьому, згідно з винаходом, в інтегрованій системі пристрої і блоки підсистеми попередження та підсистеми користувача можуть мати різну локалізацію.

Крім того, згідно з винаходом, інтегрована система у підсистемі користувача може містити систему збереження інформації, принаймні, про величину часу випередження, координати контрольної площини, область прогнозованих положень літального апарата і небезпечних зон генераторів вихрів системи попередження, принаймні, упродовж часу аварійної індикації події рівності нулю відстані від області прогнозованих положень літального апарата до небезпечної зони вихрового сліду генератора вихрів.

Далі винахід пояснюється прикладом його здійснення та кресленнями, що додаються, на яких:

Фіг.1 - схема інформаційних потоків інтегрованої системи вихрової безпеки літального апарата, згідно з винаходом, варіант.

Фіг.2 - схема реалізації підсистеми попередження користувачів про можливість потрапляння літального апарата у небезпечну зону вихрового сліду генератора вихрів у взаємодії з частиною підсистеми користувача, згідно з винаходом, варіант.

Фіг.3 - схема виконання пристрою визначення геометричних характеристик небезпечної зони вихрового сліду, згідно з винаходом, варіант.

Фіг.4 - схема реалізації інтегрованої системи вихрової безпеки згідно з винаходом, варіант.

Фіг.5 - схематичне зображення інформації, візуалізованої у підсистемі користувача згідно з винаходом, варіант.

Кращий варіант здійснення винаходу

Винахід може бути проілюстрований не обмежувачим його застосування варіантом реалізації, схема якого представлена на Фіг.1, для випадку, коли користувачем є літальний апарат (далі - ЛА) в режимі польоту за маршрутом поблизу аеродрому, поблизу якого в польоті знаходиться інший ЛА, що є генератором вихрів (далі - ГВ). При цьому ЛА обладнаний бортовим пілотажно-навігаційним комплексом, який забезпечує вимірювання навігаційно-пілотажних параметрів власного ЛА та інших об'єктів та об'єднує підсистеми, що доповнюють і коректують одна одну; радіосистеми близької та далекої навігації, радіомаякову систему, супутникову систему навігації, доплерівську систему вимірювання шляхової швидкості та кута знесення, інерційну систему, радіолокаційну систему, оптоелектронну систему і лазерний далекомір, радіовисотомір, систему повітряних сигналів, датчики кутів атаки і ковзання, перевантажень, кутових швидкостей, гіровертикаль, систему міжлітакової навігації, бортову систему єдиної індикації ЛА і містить обчислювальний комплекс, пристрої індикації, сигналізації та візуалізації інформації, наприклад, індикатор на лобовому склі та/або дисплей.

Навігаційне обладнання аеродрому являє собою, наприклад, комплекс, що містить міжнародну радіотехнічну систему близької навігації типу VOR/DME (VOR-радіомаяк вимірювання азимуту, DME-радіомаяк вимірювання дальності), яка є стандартною для забезпечення польотів на зарубіжних міжнародних трасах і призначеною для безперервного автоматичного визначення місцезнаходження ЛА (установлені норми системи: дальність дії системи до 370 км, зона дії 0-40°), автоматичного радіопеленгатора для індикації азимуту ЛА, наприклад, типу АРП-7С, і приводної радіостанції, наприклад, типу АПР-8, призначеної для забезпечення польотів ЛА, обладнаних автоматичними радіокомпасами.

На Фіг.1 показана схема інформаційних потоків інтегрованої системи вихрової безпеки літального апарата згідно з винаходом, варіант, коли підсистема 1 інформації про ЛА, підсистема 2 інформації про генератор вихрів (далі - ГВ) і підсистема 3 інформації про оточуюче середовище реалізовані в зазначеному пілотажно-навігаційному комплексі і, частково, на основі обладнання аеродрому, і фіксують, зберігають і надають іншим підсистемам інтегрованої системи вихрової безпеки згідно з винаходом інформацію про кути атаки і ковзання, кутові швидкості обертання ЛА навколо пов'язаних осей координат, відхилення керуючих органів, режим роботи двигунів, перевантаження уздовж пов'язаних осей координат, кути орієнтації ЛА у пов'язаній системі координат, інформацію про конфігурацію ЛА, приладову швидкість, прискорення, кути орієнтації вектора швидкості в інерціальній системі координат, координати положення ЛА у просторі, радіолокаційну інформацію про метеорологічні умови, тип підстилюючої поверхні, положення ГВ у просторі, а також отриману від наземних пунктів аеродрому по радіолініям інформацію, наприклад, про положення інших ГВ у просторі, їхню форму та габарити, швидкості і орієнтацію, профіль швидкості вітру по висоті, тип ГВ, координати точок його траєкторії, його геометричні та масові характеристики.

Підсистема 4 попередження користувача про можливість потрапляння літального апарата у небезпечну зону вихрового сліду ГВ реалізована на основі пілотажно-навігаційного комплексу і обчислювальної системи ЛА, підсистема 5 користувача реалізована на основі обчислювальної системи ЛА, пристроїв індикації та візуалізації інформації, наприклад, індикатора на лобовому склі та/або дисплея, а комутаційна підсистема 6 реалізована на основі бортових мультиплексних каналів інформаційного обміну.

Згідно з винаходом підсистема 4 попередження користувача і частина підсистеми 5 користувача, яка включає систему візуалізації, виконані відповідно до схеми, зображеної на Фіг.2. Підсистема 4 попередження на основі отриманої інформації від підсистем 1, 2 і 3 обчислює траєкторії вихрових слідів, що знаходяться поблизу ЛА, як сукупність точок траєкторії центрів областей завихреності у просторі, визначає геометричні характеристики зон вихрового сліду ГВ, що відповідають критерію безпеки, установленому користувачем, наприклад, величиною кута крену ЛА під прогнозованою дією вихрового сліду на ЛА у прогнозований момент часу перетину ЛА деякої модельованої контрольної площини, розташованої у просторі попереду ЛА перпендикулярно напрямку його руху на випереджальній відстані від ЛА, формує в контрольній площині інформацію про взаємне прогнозоване розташування ЛА та небезпечних зон вихрових слідів, визначає ступінь їх небезпеки для ЛА і відслідковує у поточному режимі відстань між небезпечною зоною і ЛА.

Підсистема 5 користувача інформує пілота про прогнозовану подію потрапляння у небезпечну зону за допомогою звукової, тактильної або візуальної індикації і забезпечує візуалізацію цієї

інформації для користувача, формуючи приписуючий сигнал, наприклад, звуковий. У разі розміщення підсистеми 5 користувача також і в місці розміщення диспетчера польотів, ця інформація може бути продубльована, що дозволяє диспетчеру сконцентрувати свою увагу на вирішенні польотної ситуації, що склалася.

Відповідно до схеми Фіг.2 в описуваній підсистемі 4 попередження пристрій 7 слідування за параметрами ЛА приймає через комунікаційну підсистему 6 інформацію від підсистеми 1 інформації про ЛА, зокрема, згідно з винаходом, інформацію про конфігурацію, координати, швидкість переміщення, кутову швидкість ЛА, кути тангажа, рискання і крену в даний момент часу t в інерціальній системі координат (далі - ІСК).

Пристрій 8 слідування за ГВ приймає через комунікаційну підсистему 6 від підсистеми 2 інформації про генератори вихрового сліду, а запам'ятовуючий пристрій 9 зберігає інформацію про тип ГВ, швидкість його переміщення, кутову швидкість і координати точок його траєкторії в ІСК.

Детектор 10 параметрів середовища приймає через комунікаційну підсистему 6 від підсистеми 3 інформації про оточуюче середовище, наприклад, від системи повітряних сигналів СПС або від диспетчера польоту, інформацію про величину і напрям локальної швидкості вітру, профіль вітру по висоті, ступінь турбулентності, тип підстеляючої поверхні в області спільного розміщення ЛА і ГВ, відносно ІСК в даний момент часу t .

Пристрій 11 слідування за вихровим слідом на основі інформації від запам'ятовуючого пристрою 9 обчислює траєкторію та інтенсивність вихрового сліду ГВ як сукупність траєкторій центрів областей завихреності в ІСК, наприклад, за допомогою алгоритмів, таких як алгоритм, що є об'єктом "know-how" авторів винаходу, або, наприклад, з використанням відомого алгоритму обчислення траєкторії та інтенсивності вихрового сліду [Northwest Research Associates, Inc., Aircraft Vortex Spacing System (AVOSS), Algorithm Version 3.1.1], що забезпечує обчислення координат центрів областей завихреності на основі інтегрування диференціального рівняння, яке описує еволюцію областей завихреності у просторі і часу, або інших алгоритмів, що забезпечують зазначені обчислення. Запам'ятовуючий пристрій 12 зберігає ці дані. Параметри координат областей завихреності також можуть бути визначені за допомогою інструментальних вимірювань, наприклад, за допомогою лазерних радіолокаційних пристроїв типу лідар, вимірювань і оцінкою величини тангенціальних швидкостей повітряного потоку з подальшим обчисленням траєкторії та інтенсивності вихрового сліду. Пристрій 13 здійснює вибір часу випередження, необхідного для виконання маневру по зміні траєкторії ЛА. Цей час випередження, згідно з винаходом, може бути відкоректований у поточному режимі за допомогою ручного регулювання, напівавтоматичного або автоматичного регулювання з урахуванням, наприклад, кваліфікації пілота або особливостей поставленого польотного завдання. Пристрій 14 моделювання контрольної площини (далі - КП) на основі інформації від пристрою 7 про координати, швидкість переміщення, кути тангажа, рискання і крену ЛА та інформації від пристрою 13 про вибрану величину часу випередження Δt моделює КП, розташовану у просторі перед ЛА перпендикулярно напрямку його руху на розрахунковій випереджальній відстані від ЛА, наприклад, у вигляді коефіцієнтів рівняння площини КП в ІСК, і визначає прогнозований момент часу $t+\Delta t$ прольоту ЛА через КП в ІСК. Як пристрій 14 може бути використаний будь-який обчислювальний пристрій, що дозволяє здійснювати такі обчислення, наприклад, комп'ютер на борту ЛА. Пристрій 15 прогнозування на основі інформації про траєкторію та інтенсивність вихрового сліду ГВ, збереженої у пристрої 12, і прогнозований момент часу від пристрою 14 моделювання обчислює координати траєкторії та інтенсивність вихрового сліду ГВ як сукупності траєкторій центрів областей завихреності у прогнозований момент часу в ІСК. Пристрій 16 визначення параметрів небезпечної зони на основі інформації від пристрою 7 про координати, швидкість переміщення і кутову швидкість ЛА та від запам'ятовуючого пристрою 12 про координати точок траєкторії та інтенсивність вихрового сліду як сукупності траєкторій центрів областей завихреності, генерованих ГВ, визначає у відповідності з вибраним критерієм безпеки геометричні характеристики небезпечної зони вихрового сліду ГВ як сукупності небезпечних зон областей завихреності, генерованих ГВ, у прогнозований момент часу $t+\Delta t$. При цьому як критерій безпеки, згідно з винаходом, може бути вибрана допустима величина кута крену ЛА або, наприклад, допустима величина моменту крену, індукованого вихровим слідом ГВ.

При цьому, згідно з винаходом, пристрій 11 слідування за вихровим слідом і пристрій 15 прогнозування можуть містити програмований компонент, наприклад, траєкторію та інтенсивність вихрового сліду ГВ, а пристрій 16 може бути реалізований у програмному забезпеченні цього компонента - базі даних про розраховані геометричні характеристики небезпечних зон вихрових слідів різних типів ГВ в залежності від різних умов оточуючого середовища і параметрів руху ГВ, аеродинамічних сил і моментів, індукованих на ЛА вихровими слідами різної інтенсивності, наприклад, моментів крену.

Пристрій 17 (Фіг.2), реалізований, наприклад, в комп'ютері бортової пілотажно-навігаційної системи, на основі інформації про координати КП обчислює координати точок перетину траєкторії вихрового сліду ГВ з КП у прогнозований момент часу $t+\Delta t$ на основі інформації про координати КП від пристрою 14 та інформації від пристрою 15 про траєкторію вихрового сліду, наприклад, шляхом вибору точок траєкторії вихрового сліду, розташованих по різні боки КП, з інтерполяцією відстані між ними.

Пристрій 18 формування зон і областей, наприклад, у складі комп'ютера бортової інерціальної

навігаційної системи ЛА, формує навколо точки перетину траєкторії вихрового сліду ГВ з КП небезпечну зону вихрового сліду, область прогнозованих з урахуванням установлених нормативів здійснення польоту положень літального апарата (далі - ОПП ЛА) у прогнозований момент часу $t+\Delta t$ і область підвищеної уваги (далі -ОПУ), як сукупність безлічі точок на контрольній площині. Згідно з винаходом, пристрій 12 дозволяє здійснювати поточну корекцію координат ОПП ЛА та ОПУ, що є важливим для пілота при координуванні маневру відхилення з ситуацією виконання польотного завдання.

Блок переходу 19 обчислює координати ОПП ЛА, небезпечної зони вихрового сліду ГВ і ОПУ у пов'язаній з ЛА системі координат.

Потім перший блок 20 перевірки умови перетину обчислює відстань від ОПУ до небезпечної зони вихрового сліду, відслідковуючи подію рівності її нулю, а другий блок 21 перевірки умови перетину обчислює відстань від ОПП до небезпечної зони вихрового сліду ГВ, відслідковуючи подію рівності її нулю.

Інформація про рівність нулю у прогнозований момент часу зазначених відстаней надходить у підсистему 5 користувача у пристрої індикації 22 і 23, наприклад, у пристрій 22 аудіо-індикації у випадку рівності нулю відстані між областю ОПУ і небезпечною зоною вихрового сліду, а потім, наприклад, у пристрій 23 аварійної тактильної індикації для пілота у випадку рівності нулю відстані між ОПП ЛА і небезпечною зоною вихрового сліду. Тактильна індикація призначена спонукати пілота до прийняття негайних заходів для виконання маневру відхилення ЛА від небезпечної зони. При цьому у розпорядженні пілота є час для маневру, обчислюваний пристроєм 14 моделювання КП з урахуванням швидкості переміщення ЛА і випереджальної відстані. В залежності від ситуації, що складається, після отримання сигналу першої індикації від пристрою 22 величина часу випередження може бути пілотом скоректована, наприклад, за допомогою ручного регулювання встановленням дискретного значення, напівавтоматичного регулювання з переходом на інше значення або автоматичного регулювання у разі встановлення критерію - умови зміни цього часу у бік збільшення чи зменшення.

При збільшенні зазначених відстаней індикація припиняється.

Доцільно, згідно з винаходом, візуалізувати для користувача інформацію про взаємне розташування ОПП ЛА та небезпечної зони в КП у прогнозований момент часу у пристрої 24 візуалізації, наприклад, на дисплеї, індикаторі лобового скла або навігаційній карті ЛА, а також для обмеження об'єму інформації, яка не є актуальною для пілота, візуалізувати положення небезпечних зон тільки після перетину їх з ОПУ.

Згідно з винаходом пристрій 16 визначення параметрів небезпечної зони може бути виконаний згідно з винаходом і містити, як показано на схемі Фіг.3, блок 25 схематизації ЛА, що приймає інформацію від пристрою 7 підсистеми 4 попередження, виконаний будь-яким відомим чином і такий, що обчислює сукупність геометричних характеристик ЛА з урахуванням його конфігурації, блок 26, що приймає інформацію від блока 25 та інформацію від пристрою 12 підсистеми 4 попередження і визначає додаткові аеродинамічні сили і моменти, індуковані вихровим слідом ГВ у точці простору. Потім блок 27 визначає на основі заданого критерію небезпеки ступінь небезпеки аеродинамічних збурень у заданій точці простору, блок 28 визначає точки простору, що належать небезпечній зоні вихрового сліду, а блок 29 визначає геометричні характеристики небезпечної зони як сукупності точок і здійснює апроксимацію меж небезпечної зони для спрощення візуалізації небезпечної зони на дисплеї. Інформація про параметри небезпечної зони вихрового сліду ГВ потім надходить у пристрій 18 системи попередження і візуалізується у разі небезпеки потрапляння в неї ЛА.

На Фіг.4 схематично показане розташування контрольної площини, змодельованої у підсистемі 4 попередження користувачів, розміщеної, наприклад, на ЛА, та вихрових слідів ГВ. Однак підсистема 4 може бути розташована і в місці знаходження диспетчера польоту, наприклад, на аеродромі або кораблі, а пілоту може бути надана тільки інформація, візуалізована на бортових пристроях візуалізації.

На Фіг.5 схематично показана інформація, візуалізована на дисплеї навігаційної карти, який зазвичай застосовується в ЛА для індикації курсу ЛА і для зображення символів, генерованих бортовою інерціальною навігаційною системою, наприклад, системою Airborne Inertial Navigation System (AINS), із зображенням області 30 прогнозованих положень ЛА (ОПП ЛА) і небезпечних зон 31, 32 вихрових слідів ГВ у просторі у прогнозований момент часу. Область 30 ОПП ЛА може мати вигляд, наприклад, прямокутника, розміри якого є пропорційними габаритам області можливого положення корпусу ЛА у просторі. Межі області 33 підвищеної уваги на дисплеї не показані, оскільки згідно з винаходом доцільно, щоб зображення небезпечних зон вихрових слідів проєціювалося на дисплеї тільки в тому випадку, якщо небезпечні зони 31, 32 перетинаються з областю підвищеної уваги 33, одночасно з індикацією, наприклад, звуковою, цієї події. Небезпечні зони 31, 32 вихрових слідів можуть мати вигляд, наприклад, кола або іншої зручної для зорового сприйняття геометричної фігури. При цьому зображення може супроводжуватись візуальною індикацією, наприклад, світловою або кольоровою, самих областей або меж 33, 34, 35 відповідно області 30 ОПП ЛА і небезпечних зон 31, 32 вихрових слідів.

Згідно з винаходом доцільно зберігати поточну інформацію про величину вибраного часу випередження, координати контрольної площини, область прогнозованих положень літального апарата і небезпечних зон вихрових слідів генераторів вихрів протягом часу аварійної індикації

події рівності нулю відстані від області прогнозованих положень літального апарата до небезпечної зони вихрового сліду генератора вихрів. Це збереження може бути забезпечене за допомогою, наприклад, окремого пристрою збереження інформації (на кресленнях не показано), розміщеного як на борту, наприклад, в системі запису інформації так званої "чорної скриньки", так і у складі наземних, надводних, космічних засобів контролю за повітряним рухом. Наявність такої інформації дозволить здійснювати заходи по встановленню причин авіакатастроф для цілей оцінки дій пілота ЛА в ситуації наявності в оточуючому його просторі вихрових слідів, потрапляння у небезпечні зони яких могли призвести, наприклад, до зміни конфігурації ЛА або зміни його траєкторії.

Зрозуміло, що, хоча в описаному прикладі представлений лише один з генераторів вихрів і візуалізується та індукується поведінка лише однієї небезпечної зони вихрового сліду одного ГВ, обчислення по слідуванню за вихровим слідом ГВ здійснюються відносно всіх ГВ, що знаходяться поблизу ЛА, а відображаються на дисплеї тільки зони вихрових слідів ГВ, потрапляння в які слід уникнути з причини їх небезпеки для ЛА. При цьому на основі оцінки пілотом схеми розташування потенційно небезпечних зон на дисплеї може бути прийняте адекватне рішення про характер маневру ЛА, який приведе до виходу ЛА з області небезпечних зон вихрових слідів.

Підсистема 4 попередження про можливість потрапляння ЛА у небезпечну зону вихрового сліду ГВ згідно з винаходом може бути реалізована з використанням штатного бортового та наземного обладнання, наприклад, бортової інерціальної навігаційної системи ЛА (Airborne Inertial Navigation System (AINS)), системи повітряних сигналів (Air Data Computer System (ADC)), доплерівського вимірювача швидкості знесення ЛА (Doppler System (DS)), радіолокатора переднього огляду ЛА (Forward View Radar (FVR)) та використання інформації, що надходить від керування повітряним рухом (Air Traffic Control (ATC)), системи єдиної індикації (United Indication System (UIS)), мультіплексного каналу інформаційного обміну (Information Exchange Multiplex Channel (EEMC)), а також від сумісних із зазначеними системами інформаційних систем, застосовуваних на ЛА інших країн, наприклад, системи запобігання зіткненням (Collision Avoidance System (TCAS)), системи попередження про небезпеку руху (Traffic Alert), США.

Крім того, пристрої інтегрованої системи згідно з винаходом можуть бути локалізовані окремо на різних об'єктах системи керування рухом або різних ЛА і ГВ із забезпеченням інформування користувача про результати здійснення операційних обчислень за допомогою індикації та візуалізації їх. При цьому користувачами такої інформації можуть бути як екіпажі ЛА, так і диспетчерські служби аеродромів, кораблів, консультуючих екіпажі ЛА при здійсненні польотів щодо рекомендованої траєкторії польоту або щодо необхідності маневру ЛА для виключення небезпечної польотної ситуації, що особливо важливо в умовах поганої видимості та складних метеумовах.

Фахівцям в галузі авіації має бути зрозуміло, що інтегрована система вихрової безпеки згідно з винаходом є втіленням комплексного підходу до проблеми забезпечення безпеки літальних апаратів, і застосовна як в умовах польоту за маршрутом, так і в умовах посадки або зльоту літальних апаратів.

При цьому підсистема користувача, розміщена як на борту ЛА, так і в місці знаходження диспетчера польоту, може забезпечити поточну корекцію наявної у диспетчера інформації про вихрові умови в районі приземлення або посадки, що дозволить не тільки підвищити безпеку зльоту та посадки, але й скоротити часовий інтервал між ЛА при зльоті або приземленні.

Крім того, застосування інтегрованої системи безпеки згідно з винаходом дозволить знизити навантаження диспетчера польоту по формуванню приписуючих вказівок пілоту, оскільки відповідальність прийняття рішення про виконання маневру відхилення від небезпечної зони вихрового сліду лягає на пілота, і йому надається додаткова інформація, що полегшує прийняття рішення. При цьому слід мати на увазі, що так чи інакше рішення пілот приймає і зараз, без використання інтегрованої системи вихрової безпеки згідно з винаходом, але в умовах відсутності інформації про розміщення небезпечних зон вихрових слідів.

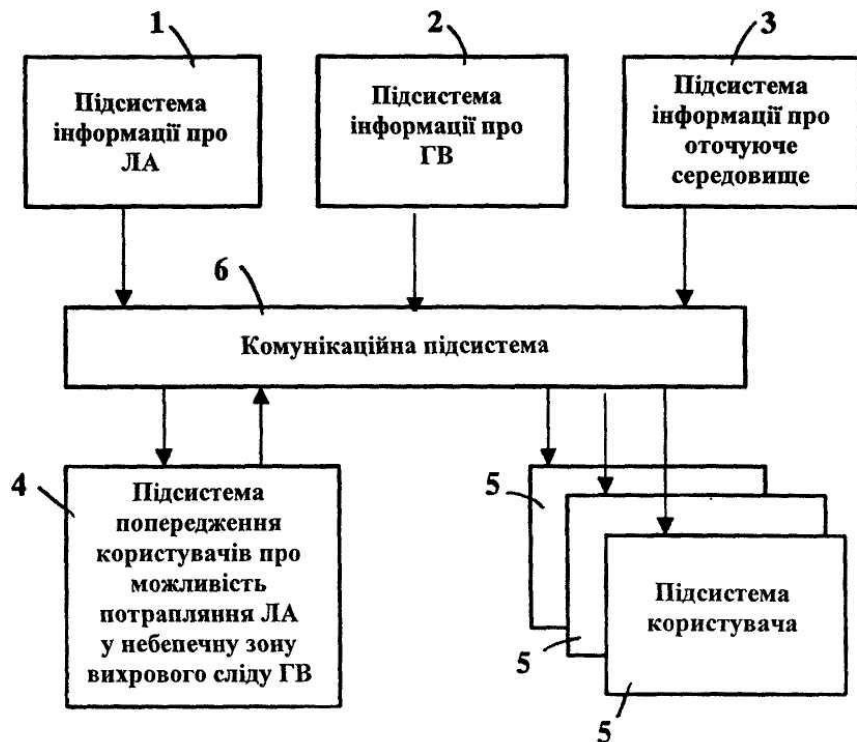
Фахівцям в галузі авіації та авіоніки слід розуміти, що в інтегровану систему вихрової безпеки згідно з даним винаходом можуть бути внесені поліпшення та удосконалення, що не виходять за межі формули даного винаходу, пов'язані з відмінністю умов застосування системи, а також з удосконаленням навігаційних та інформаційних систем. Наприклад, можуть бути застосовані різні обчислювальні алгоритми, що найбільш точно реалізують поставлені завдання, застосовані різні способи індикації та візуалізації інформації, яка надається користувачу, що поліпшують адекватність сприйняття отриманої користувачем інформації, передбачене використання різних інформаційних потоків.

Для фахівців з керування повітряним рухом має бути зрозуміло, що інтегровану систему вихрової безпеки згідно з винаходом можна реалізувати і для виконання функцій керування польотами, оскільки відслідковування вихрових умов поблизу наземних ГВ та ГВ, що летять, можна здійснювати з використанням систем попередження, розміщених автономно на ЛА, кораблях, на аеродромах, об'єднаних у єдину інформаційну систему, яка дозволяє запобігати утворенню нештатних ситуацій, пов'язаних з потраплянням ЛА у небезпечні зони вихрових слідів різних ГВ. При цьому ГВ можуть бути ЛА різних типів, наприклад, літаки, гелікоптери, безпілотні засоби, а також морські судна, в тому числі авіаносці, а також наземні споруди та інші об'єкти.

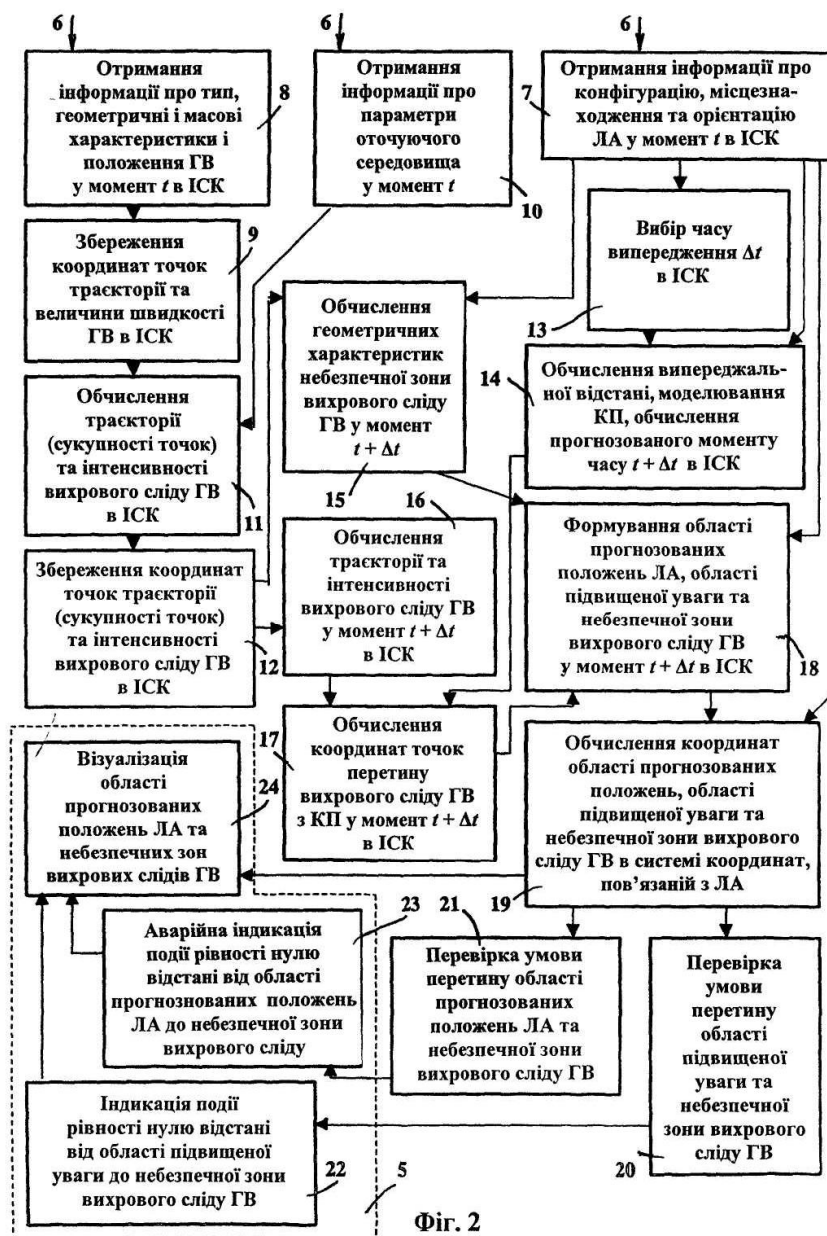
Промислова придатність

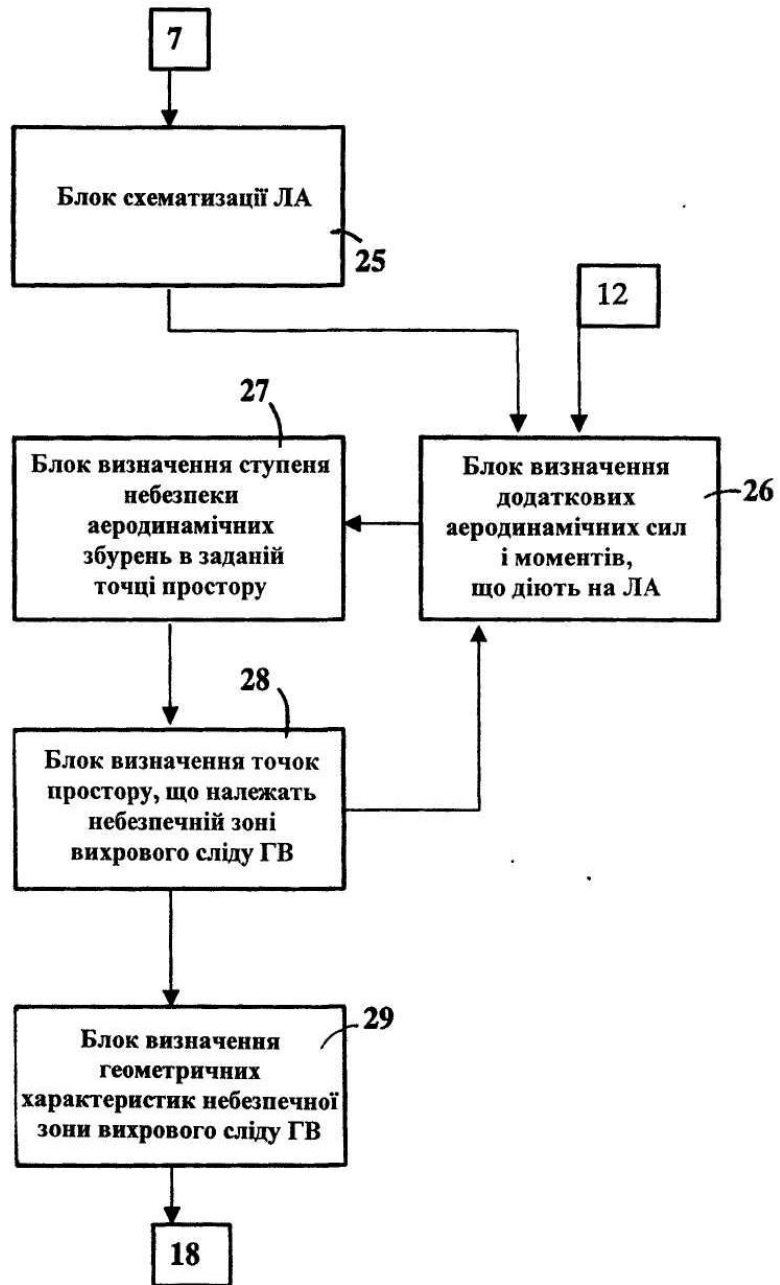
Інтегровану систему вихрової безпеки літального апарата згідно з винаходом доцільно реалізовувати у вигляді програм, адаптованих до типу ЛА, умов експлуатації ЛА, типу застосовуваного на ньому обладнання, і сумісних з інформаційними системами керування повітряним рухом.

Інтегрована система вихрової безпеки згідно з винаходом може бути легко реалізована за допомогою відомих пристроїв, може бути використана для установки на різних літальних апаратах, а також в різних тренажерах для навчання пілотів і диспетчерів діям в умовах вихрової небезпеки.



Фіг. 1





Фіг. 3

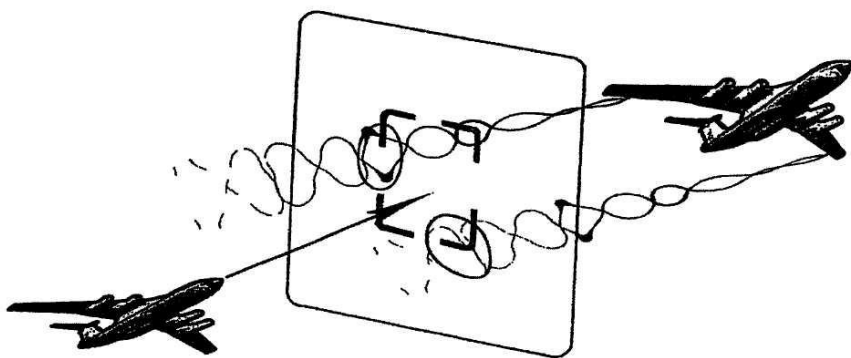


Fig. 4

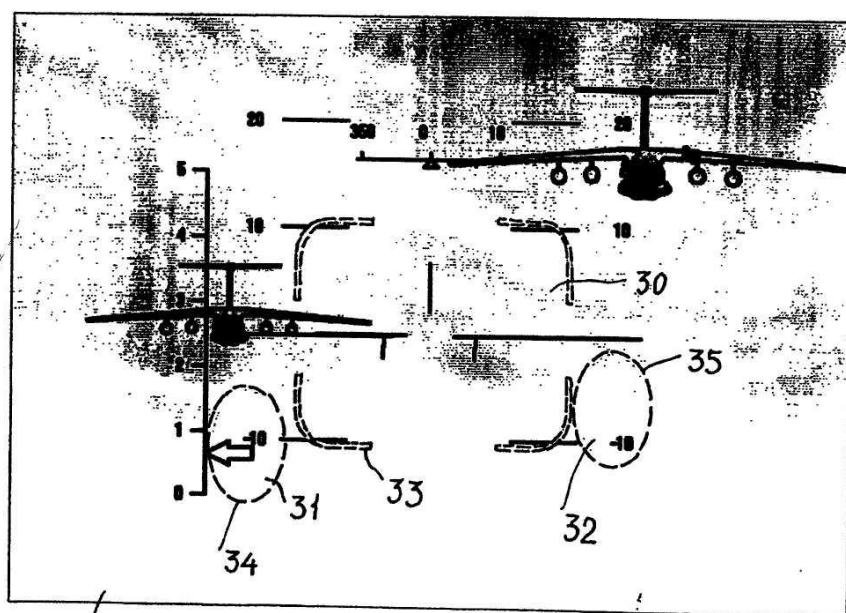


Fig. 5