



УКРАЇНА

(19) UA (11) 82378 (13) C2  
(51) МПК (2006)  
G09B 9/02МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ТРЕНАЖЕР АВІАЦІЙНИЙ

1

(21) a200601195

(22) 25.07.2003

(24) 10.04.2008

(86) PCT/RU2003/000333, 25.07.2003

(46) 10.04.2008, Бюл. № 7, 2008 рік

(72) БАРАНОВ НІКОЛАЙ АЛЕКСЕЄВИЧ,  
БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ АНДРЕЙ СЕРГЕЄВИЧ,  
КАНЕВСКИЙ МИХАИЛ ИГОРЕВИЧ, ПАСЕКУНОВ  
ИГОРЬ ВЛАДИМИРОВИЧ(73) ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
"ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ПРАВОВОЙ  
ЗАЩИТЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВОЕННОГО, СПЕЦИАЛЬНОГО И  
ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ" ПРИ МИНИСТЕРСТВЕ  
ЮСТИЦИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ЗАКРЫТОЕ  
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "РОССИЙСКАЯ  
АКЦИОНЕРНАЯ АССОЦИАЦИЯ "СПЕЦТЕХНИКА",  
БАРАНОВ НІКОЛАЙ АЛЕКСЕЄВИЧ,  
БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ АНДРЕЙ СЕРГЕЄВИЧ,  
КАНЕВСКИЙ МИХАИЛ ИГОРЕВИЧ, ПАСЕКУНОВ  
ИГОРЬ ВЛАДИМИРОВИЧ

(56) RU 2191432 C1, 20.10.2002

RU 2114460 C1, 27.06.1998

US 5724040, 03.03.1998

US 5009598, 23.04.1991

(57) 1. Тренажер авиационный для обучения  
пилотированию в условиях вихровой небезопасности, которыймодуль (1) контролю и управления режимами  
тренировки, способный осуществлять выбор сценария  
тренировки и контролировать работу модулей

тренировки (2) базы данных сценариев тренировки;

- модуль (3) коммутации модулей тренажера;

- модуль (4) имитации полета кабины визуальных  
обстановок, видимой части воздушного пространства и  
земной поверхности в реальном масштабе времени;

- модуль (6) имитации рабочего места пилота;

- модуль (5) имитации приборной доски пилотажно-  
навигационных приборов с индикаторами режима  
работы авиационных систем;- модуль (8) имитации органов управления агрегатами и  
системами летательного аппарата;- модуль (7) имитации параметров окружающей  
среды;- модуль (9) имитации вихровых условий, способный на  
основе информации от модуля (2) сценариев  
тренировки по параметрам генераторов вихрей и  
информации от модуля (7) имитации параметров  
окружающей среды определять траекторию и

2

интенсивность вихревых следов генераторов вихрей как  
совокупности центров областей завихренности;- модуль (10) имитации действий на летательном аппарате  
вихревых возмущений, способный на основе информации  
от модуля (9) имитации вихревых условий по  
траектории и интенсивности вихревых следов,  
информации от модуля (2) базы данных сценариев  
тренировки по параметрам и характеристикам  
летательного аппарата и информации от модуля  
(11) имитации динамики летательного аппарата по  
положению, скорости перемещения, угловую  
скорость и геометрические характеристики летательного  
аппарата определять воздействия на летательный аппарат  
дополнительные силы и моменты, индуцированные вихревыми  
следовыми генераторами вихрей, информации от модуля (10)  
имитации действий на летательном аппарате вихревых  
возмущений, от модуля (2) базы данных сценариев тренировки и от  
модуля (8) имитации органов управления агрегатами и  
системами летательного аппарата формировать  
сигналы, которые имитируют силы и моменты, которые действуют на  
летательный аппарат, соответственно сценарию  
тренировки, а также дополнительные силы и моменты,  
индуцированные вихревыми следами генераторов вихрей,  
передать сигналы на модуль (6) имитации  
рабочего места пилота, на модуль (5) имитации  
приборной доски и на модуль (4) имитации  
полета кабины (12) обстановки пилота, способный на основе  
информации от модуля (4) имитации полета кабины  
обстановки и модуля (5) имитации приборной доски  
оценить правильность действий пилота по усилению  
небезопасной для летательного аппарата ситуации.2. Тренажер по п.1, который **отличается** тем, что  
модуль (6) имитации рабочего места пилота  
выполнен с возможностью изменения его пространственного  
положения и оснащен устройством динамической  
имитации полета.3. Тренажер по любому из пп.1-2, который  
**отличается** тем, что модуль (9) имитации  
вихревых условий содержит:- блок (13) имитации динамики генераторов вихрей,  
который содержит устройство слежения за генератором  
вихрей, способный принимать от модуля (2) базы  
данных сценариев тренировки информацию по  
положению, параметрам движения, геометрические и массовые  
характеристики генератора вихрей, и  
запоминающее устройство, способный хранить  
информацию по положению и параметрам движения  
генератора вихрей;

(13) C2

(11) 82378

(19) UA

- блок (14) імітації вихрових слідів, який містить пристрій слідкування за вихровим слідом, здатний на основі інформації від модуля (7) імітації параметрів оточуючого середовища і від блока (13) імітації динаміки генераторів вихрових слідів визначати траєкторію та інтенсивність вихрового сліду генератора вихрів як сукупності траєкторій центрів областей завихреності, і запам'ятовуючий пристрій, здатний зберігати інформацію про координати точок траєкторії та інтенсивність сліду генератора вихрів як сукупності траєкторій центрів областей завихреності;

а модуль (10) імітації дії на літальний апарат вихрових збурень містить:

- блок (15) схематизації літального апарата, здатний на основі інформації від модуля (2) бази даних сценаріїв тренувань про тип, конфігурацію літального апарата обчислювати сукупність геометричних характеристик літального апарата, необхідних для розрахунку діючих на нього додаткових аеродинамічних сил і моментів, індукованих вихровим слідом генератора вихрів, і

- блок (16) визначення зазначених сил і моментів на основі збереженої блоком (14) імітації вихрових слідів інформації про координати точок траєкторії та інтенсивність сліду генератора вихрів як сукупності траєкторій центрів областей завихреності, та інформації від модуля (11) імітації динаміки літального апарата про положення, швидкість переміщення, кутову швидкість і геометричні характеристики літального апарата.

4. Тренажер за будь-яким з пп.1-3, який **відрізняється** тим, що додатково містить модуль імітації шумових, оптичних і динамічних ефектів.

5. Тренажер за будь-яким з пп.1-4, який **відрізняється** тим, що він пристосований для навчання пілотуванню в умовах інформування пілота про прогнозовану можливість потрапляння літального апарата у небезпечну зону вихрового сліду генератора вихрів і додатково містить:

- модуль (17) параметрів небезпечної зони вихрових збурень, який включає:

- блок (20) визначення небезпеки збурень, здатний робити оцінку небезпеки збурень в заданій точці простору за установленим критерієм небезпеки додаткових діючих на літальний апарат аеродинамічних сил і моментів, індукованих вихровими збуреннями, що їх генерують генератори вихрів, на основі інформації від блока (16) визначення сил і моментів модуля (10) імітації дії на літальний апарат вихрових збурень;

- блок (21) визначення множини точок простору, в яких додаткові сили і моменти, індуквані вихровими збуреннями, є небезпечними, здатний визначати координати точок простору, що належать небезпечній зоні, за критерієм небезпеки на основі інформації від блока (20) визначення небезпеки збурень;

- блок (22) визначення параметрів небезпечної зони вихрових збурень, здатний обчислювати геометричні характеристики небезпечної зони на основі інформації від блока (21) визначення множини небезпечних точок і передавати інформацію про це;

і модуль (18) попередження, що включає:

- блок (23) вибору часу випередження, протягом якого принаймні можливе виконання маневру зміни траєкторії польоту літального апарата, що забезпечує відхилення літального апарата від вихрового сліду генератора вихрів після попередження про можливість потрапляння у нього;

- блок (24) моделювання контрольної площини, здатний обчислювати випереджальну відстань, що дорівнює відстані, яку долає літальний апарат за час випередження, формувати контрольну площину, розташовану у просторі попереду літального апарата перпендикулярно напрямку його руху на випереджальній відстані від літального апарата, і визначати прогнозований момент часу прольоту літального апарата через контрольну площину в інерціальній системі координат;

- блок (25) прогнозування, здатний визначати траєкторію вихрового сліду генератора вихрів як сукупність траєкторій центрів областей завихреності, генерованих генератором вихрів, та інтенсивність вихрового сліду відносно інерціальної системи координат у прогнозований момент часу на основі інформації від блока імітації вихрових слідів модуля імітації вихрових умов;

- блок (26) 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;

- блок (27) формування зон і областей, який забезпечує формування навколо точки перетину траєкторії вихрового сліду з контрольною площиною небезпечної зони вихрового сліду, при потрапленні в яку у літального апарата параметри руху можуть перевищити допустимі межі, на основі інформації від модуля параметрів небезпечної зони вихрових збурень, формування в зазначеній контрольній площині області прогнозованих з урахуванням установлених нормативів здійснення польоту положень літального апарата у прогнозований момент перетину літальним апаратом контрольної площини та формування навколо області прогнозованих положень області підвищеної уваги, інформація про потрапляння в яку небезпечної зони вихрового сліду повинна бути надана користувачу;

- блок (28) 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 (29) перевірки умови перетину, здатний визначати відстань від області підвищеної уваги до небезпечної зони вихрового сліду та фіксувати момент її рівності нулю;

- другий блок (30) перевірки умови перетину, здатний визначати відстань від області прогнозованих положень літального апарата до небезпечної зони вихрового сліду та фіксувати момент її рівності нулю;

- блок (31) індикації, який містить принаймні один пристрій індикації, що забезпечує індикацію події рівності нулю відстані від області підвищеної уваги

до небезпечної зони вихрового сліду генератора вихрів;

- блок (32) аварійної індикації, який містить принаймні один пристрій індикації, що забезпечує індикацію події рівності нулю відстані від області прогнозованих положень літального апарата до небезпечної зони вихрового сліду генератора вихрів.

6. Тренажер за п.5, який **відрізняється** тим, що містить модуль візуалізації, що включає пристрій візуалізації, здатний на основі інформації від модуля попередження формувати зображення принаймні області прогнозованих положень літального апарата та небезпечної зони вихрових слідів.

7. Тренажер за будь-яким з пп.5-6, який **відрізняється** тим, що пристрій індикації та пристрій аварійної індикації вибрані з групи пристроїв аудіо-, візуальної і тактильної індикації.

8. Тренажер за будь-яким з пп.5-7, який **відрізняється** тим, що блок (23) вибору часу випередження виконаний з можливістю поточної корекції часу випередження в ручному, напівавтоматичному або автоматичному режимі.

9. Тренажер за будь-яким з пп.5-8, який **відрізняється** тим, що блок (27) формування зон і областей виконаний з можливістю поточної корекції координат області підвищеної уваги і області прогнозованих положень літального апарата в ручному, напівавтоматичному або автоматичному режимі.

10. Тренажер за будь-яким з пп.5-9, який **відрізняється** тим, що блок (22) визначення параметрів небезпечної зони виконаний з можливістю апроксимації меж небезпечної зони вихрового сліду генератора вихрів.

11. Тренажер за будь-яким з пп.5-10, який **відрізняється** тим, що як критерій небезпеки вихрового сліду вибраний допустимий момент крену пілотованого літального апарата.

12. Тренажер за будь-яким з пп.5-10, який **відрізняється** тим, що як критерій небезпеки вихрового сліду вибраний допустимий кут крену пілотованого літального апарата.

13. Тренажер за будь-яким з пп.1-12, який **відрізняється** тим, що сценарії тренування вибрані з групи, що включає зліт і посадку в умовах наземного аеродрому, зліт і посадку в умовах авіаносця, політ одиночний, політ групи, а також заправку у повітрі.

14. Тренажер за будь-яким з пп.1-13, який **відрізняється** тим, що реалізований у програмному забезпеченні роботи модулів

15. Тренажер за будь-яким з пп.1-14, який **відрізняється** тим, що модуль (7) параметрів небезпечної зони вихрових збурень містить базу даних характеристик небезпечних зон вихрових слідів різних типів генераторів вихрів.

16. Тренажер за будь-яким з пп.1-15, який **відрізняється** тим, що система (12) оцінки дій пілота містить пристрій збереження інформації про координати контрольної площини, області прогнозованих положень літального апарата і небезпечних зон вихрових слідів генераторів вихрів, що знаходяться поблизу літального апарата, принаймні упродовж часу аварійної індикації події рівності нулю відстані від області прогнозованих положень літального апарата до небезпечної зони вихрового сліду генератора вихрів.

Даний винахід відноситься до авіаційної техніки, зокрема до авіаційних тренажерів для навчання пілотів прийомам пілотування літальних апаратів, а також диспетчерів польоту - прийомам диспетчеризації літальних апаратів на різних режимах польоту, при зльоті та посадці, і прийомам відвернення нештатних польотних ситуацій.

Сьогодні у світовій практиці відомі два види наземних тренажерів: одні з них призначені для навчання пілотів тільки прийомам пілотування на різних режимах при різних імітованих ситуаціях, що виникають у польоті, інші призначені для навчання прийомам рятування пілота при імітації аварійних і катастрофічних ситуацій.

Відомий тренажер Лінка [Меєрович Г.Ш. и др. Авиационные тренажеры и безопасность полетов. М., Воздушный транспорт, 1991, с.15], що являє собою спрощений макет одномісного літака з кабіною, закріпленою на універсальному шарнірі, який дозволяє літаку здійснювати імітований політ зі змінними кутами тангажа, крену та ристання. В тренажері передбачена наявність інструктора, який здійснює контроль пілотування за заданою програмою. Однак в цих тренажерах не передбачена імітація аварійних ситуацій та відпрацювання дій пілота в таких ситуаціях.

Відомий комплексний авіаційний тренажер [там же, с.28-31], який містить кабіну для екіпажу з приладовими дошками, забезпеченими імітаторами необхідних штатних приладів, систему керування, робочі місця для пілотів, систему імітації зовнішніх позакабінних умов, систему рухомості, обчислювальний комплекс, пульт інструктора і командира польоту. Тренажер призначений для відпрацювання процедур пілотування, навичок керування на різних етапах польоту або в певних "нештатних" ситуаціях. Однак у програмі навчання пілота не передбачена імітація аварійних ситуацій.

Відомий віртуальний тренажер літака [RU, 2191432 C1], що містить в кабіні реального літака робоче місце пілота, якого навчають, блоки систем об'єктивного контролю і керування зброєю, адаптер, вихід якого з'єднаний з входом захисного шолому пілота з віртуальними окулярами, в якому здійснюється передача/приймання даних з блоку наземної обробки польотної інформації, що містить модуль відтворення польотної інформації, модуль порівняння параметрів керування літаком у польоті і в режимі тренажу, модуль конфігурації і доступу до польотних даних, модуль розпізнавання елементів пілотажу, модуль анімації приладової дошки пілота і позакабінного простору,

модуль передпольотної підготовки і тестування, модуль бази даних розрахункових і реєстрованих параметрів у польоті, модуль контролю і керування режимами тренажу.

Відомий пристрій для виконання тренувального польоту [RU, 2114460 С1], який містить реальний ЛА з органами керування ЛА, його агрегатами і системами, їх датчики і систему автоматичного керування ЛА, до якої підключені датчики та силові органи керування, блоки моделювання рельєфу місцевості, блоки генерування та екрани відображення позакабінних візуальних умов, блок обміну даними з пунктом керування і при груповому польоті з іншими ЛА, блок бази даних тренувального польоту, блок обробки сигналів, який включає пристрій обчислення навігаційних параметрів, блоки моделювання акустичних ефектів, блок моделювання динаміки польоту ЛА, блок формування зображення панелей приладового

Відомий уніфікований багатофункціональний авіаційний тренажер [RU, 2087037 С1], який містить обчислювальну систему з програмними модулями реалізації сценаріїв тренувань, об'єктивного контролю того, кого навчають, і об'єктивного контролю інструктора, уніфіковане робоче місце інструктора, комплекс уніфікованих робочих місць тих, кого навчають, пристрій вводу польотної інформації, базу даних сценаріїв тренувань. При цьому обчислювальна система тренажера забезпечує імітацію керування польотом, некерованого руху при відмові або руйнуванні керування, відтворення на приладовій дошці та системі візуалізації відповідної польотної інформації. Крім того, вона забезпечує адекватну умовам "польоту" завантаження ручки керування, ввід відповідно до прийнятого переліку інструктора типових видів аварійних ситуацій, обумовлених відмовами техніки або помилок у "пілотуванні". Обчислювальна система також забезпечує дію установлених на приладовій дошці або на засklenні кабіни пристроїв попереджувальної або аварійної сигналізації пілота. Модельовані на тренажері аварійні ситуації можуть супроводжуватись імітацією характерних для них зовнішніх проявів, наприклад трясіння, коливань кутів тангажа, крену та інших ознак. Однак тренажер дозволяє здійснювати навчання тільки на основі розв'язання ситуаційних задач типових

В реальній ситуації в режимі польоту за маршрутом, в режимі зльоту та посадки літальний апарат знаходиться під загрозою дії на нього аеродинамічних сил і моментів, які можуть виявитись значними і призвести до втрати його стійкості, наприклад при польотах 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, що їх обтікають повітряні потоки, які мають високий ступінь турбулентності та завихреності.

Відомо, що при русі літального апарата у повітряному просторі утворюється так званий

"вихровий слід", формований повітряним потоком, що його обтікає. Потрапляння літального апарата у вихровий слід іншого об'єкта, наприклад іншого літального апарата, приводить 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 з крилами малих подовжень з великим питомим навантаженням призводить до збільшення інтенсивності вихрового сліду, що відповідно збільшує небезпеку потрапляння в нього

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

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

Одним з головних напрямків вирішення проблеми забезпечення безпеки польоту літального апарата в умовах, коли визначальним фактором є вихровий аеродинамічний слід, є вибір режимів польоту, що забезпечують заданий рівень безпеки. Тому велику увагу при тренуванні пілотів слід приділяти вироблянню навичок оцінки різних польотних ситуацій і прийняття рішення на виконання маневру літального апарата.

На відміну від вітчизняних систем безпеки польотів, орієнтованих, головним чином, на дії пілота відповідно до самостійного аналізу обставин та умов польоту, зарубіжні системи безпеки розраховані, головним чином, на застосування так званих інструментальних правил польоту, коли керування літальним апаратом здійснюється на основі команд диспетчера польоту, реалізованих через дії пілота або в автоматичному режимі. В цих умовах доцільно проводити навчання пілотів і диспетчерів на однакових ситуаційних задачах, пов'язаних з можливістю потрапляння літального апарата у небезпечну зону вихрових збурень, для вироблення навичок адекватної оцінки ситуації та шляхів виходу з неї для відвернення нештатної

Забезпечення в тренажерах можливості створення імітованих з найбільшою достовірністю дій на пілота або диспетчера (оператора) польоту, які можуть призвести до льотної пригоди, є досить актуальним завданням.

Мета тренування полягає у формуванні у пілота або оператора образу послідовності дій при різних варіантах наданої йому візуальної та сигнальної інформації, при цьому експериментально створюють емоційно-стресову ситуацію і відпрацьовують необхідну послідовність

дій. При цьому в пам'яті оператора або пілота викликають образ графічної послідовності, фіксують увагу на відчуттях.

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 по її ліквідації. Перед виконанням кожної наступної дії оператор повинен передбачати свої подальші кроки. Сприйняття візуальних або речових сигналів у словесній формі із довготривалої пам'яті, з засобів відображення або на слух потребує певного часу в умовах дефіциту часу. Час сприйняття графічних символів значно є значно меншим, а розпізнання ситуації при індикації виділених зон зображення дозволяє також підвищити адекватність прийняття рішення. Крім того, дія такого фізичного фактора, як прискорення, викликає зниження мозкового кровообігу у пілота, що в умовах нервово-емоційного перенапруження може викликати навіть короткочасне відключення свідомості. Тому перевага віддається надання пілоту або диспетчеру польоту інформації, необхідної для прийняття рішення, в графічних символах до

Задачею створення винаходу є розробка тренажера для навчання прийомам пілотування літального апарата в умовах вихрової небезпеки, вироблення навичок виконання літальним апаратом маневрів відхилення від небезпечних зон вихрових слідів генераторів вихрів.

При створенні винаходу було поставлене завдання розробки тренажера, здатного надавати пілоту, якого навчають, необхідну для нього інформацію про силу і характер дії вихрових збурень на літальний апарат, достатню для оцінки вихрових умов у прогнозований момент часу польоту і вибору маневру відхилення для запобігання потраплянню літального апарата у небезпечні зони вихрових слідів за рахунок визначення траєкторії та інтенсивності вихрових слідів та виявлення у просторі точок, в яких прогнозовані динамічні дії на літальний апарат, індуквані вихровими збуреннями, у прогнозований момент часу можуть призводити до

Поставлене завдання було вирішене створенням авіаційного тренажера для навчання пілотуванню в умовах вихрової небезпеки, який

- модуль контролю та керування режимами тренажу, здатний здійснювати вибір сценарію тренування та контролювати роботу модулів тренажера;

- модуль бази даних сценаріїв тренувань;

- модуль комутування модулів тренажера;

- модуль імітації позакабінних візуальних обставин, видимої частини повітряного простору та земної поверхні в реальному часі;

- модуль імітації робочого місця пілота;

- модуль імітації приладової дошки пілотажно-навігаційних приладів з індикаторами режиму роботи авіадвигунів;

- модуль імітації органів керування агрегатами і системами літального апарата;

- модуль імітації параметрів оточуючого середовища;

- модуль імітації вихрових умов, здатний на основі інформації від модуля сценаріїв тренувань про параметри генераторів вихрів та інформації від модуля імітації параметрів оточуючого середовища визначати траєкторію та інтенсивність вихрових слідів генераторів вихрів як сукупності центрів областей завихреності;

- модуль імітації дії на літальний апарат вихрових збурень, здатний на основі інформації від модуля імітації вихрових умов про траєкторію та інтенсивність вихрових слідів та інформації від модуля бази даних сценаріїв тренувань про параметри, характеристики пілотованого апарата та інформації від модуля імітації динаміки літального апарата про положення, швидкість переміщення, куту швидкість і геометричні характеристики літального апарата визначати діючі на літальний апарат додаткові сили і моменти, індуквані вихровими слідами

- модуль імітації динаміки літального апарата, здатний на основі інформації від модуля імітації дії на літальний апарат вихрових збурень, від модуля бази даних сценаріїв тренувань і від модуля імітації органів керування агрегатами і системами літального апарата формувати сигнали, що імітують сили і моменти, які діють на літальний апарат відповідно до сценарію тренування, а також додаткові сили і моменти, індуквані вихровими слідами генераторів вихрів, передавати сигнали на модуль імітації робочого місця пілота, на модуль імітації приладової дошки і на модуль імітації позакабінних обставин;

- систему оцінки дій пілота, здатну на основі інформації від модуля імітації позакабінних візуальних обставин і модуля імітації приладової дошки оцінити правильність дій пілота по усуненню небезпечної для літального апарата

При цьому, згідно з винаходом доцільно, щоб в тренажері модуль імітації робочого місця пілота був виконаний з можливістю зміни його просторового положення і забезпечений пристроєм динамічної імітації польоту.

При цьому, згідно з винаходом краще, щоб в тренажері модуль імітації вихрових умов містив:

- блок імітації динаміки генераторів вихрів, який містить пристрій стеження за генератором вихрів, здатний приймати від модуля бази даних сценаріїв тренувань інформацію про положення, параметри руху, геометричні і масові характеристики генератора вихрів, і запам'ятовуючий пристрій, здатний зберігати інформацію про положення і параметри руху

- блок імітації вихрових слідів, який містить пристрій стеження за вихровим слідом, здатний на основі інформації від модуля імітації параметрів оточуючого середовища та від блока імітації динаміки генераторів вихрових слідів визначати траєкторію та інтенсивність вихрового сліду генератора вихрів як сукупності траєкторій центрів областей завихреності, і запам'ятовуючий пристрій, здатний зберігати інформацію про координати точок траєкторії та інтенсивність сліду генератора вихрів як сукупності траєкторій центрів областей завихреності;

а модуль імітації дії на літальний апарат вихрових збурень містив:

- блок схематизації літального апарата, здатний на основі інформації від модуля бази даних сценаріїв тренувань про тип, конфігурацію літального апарата обчислювати сукупність геометричних характеристик літального апарата, необхідних для розрахунку діючих на нього додаткових аеродинамічних сил і моментів, індукованих вихровим слідом генератора вихрів;

- блок визначення зазначених сил і моментів на основі збереженої блоком імітації вихрових слідів інформації про координати точок траєкторії та інтенсивність сліду генератора вихрів як сукупності траєкторій центрів областей завихреності, та інформації від модуля імітації динаміки літального апарата про положення, швидкість переміщення, кутову швидкість і геометричні характеристики літального апарата.

Крім того, тренажер згідно з винаходом може додатково містити модуль імітації шумових, оптичних і динамічних ефектів.

Крім того, згідно з винаходом тренажер може бути пристосований для навчання пілотуванню в умовах інформування пілота про прогнозовану можливість потрапляння літального апарата у небезпечну зону вихрового сліду генератора вихрів і додатково містити:

- модуль параметрів небезпечної зони вихрових збурень, що включає:

- блок визначення небезпеки збурень, здатний робити оцінку небезпеки збурень в заданій точці простору за установленим критерієм небезпеки додаткових діючих на літальний апарат аеродинамічних сил і моментів, індукованих вихровими збуреннями, що їх генерує генератор вихрів, на основі інформації від блока визначення сил і моментів модуля імітації дії на літальний апарат вихрових збурень;

- блок визначення множини небезпечних точок простору, в яких додаткові сили і моменти, індуквані вихровими збуреннями, є небезпечними, здатний визначати координати точок простору, що належать небезпечній зоні, за критерієм небезпеки на основі інформації від блока визначення небезпеки збурень;

- блок визначення параметрів небезпечної зони вихрових збурень, здатний обчислювати геометричні характеристики небезпечної зони на основі інформації від блока визначення множини небезпечних точок і передавати інформацію про
- і модуль попередження, що включає:

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

- блок моделювання контрольної площини, здатний обчислювати випереджальну відстань, що дорівнює відстані, яку долає літальний апарат за час випередження, формувати контрольну площину, розташовану у просторі попереду літального апарата перпендикулярно напрямку

його руху на випереджальній відстані від літального апарата, і визначати момент прольоту літального апарата через контрольну площину в інерціальній системі координат;

- блок прогнозування, здатний визначати траєкторію вихрового сліду генератора вихрів як сукупність траєкторій центрів областей завихреності, генерованих генератором вихрів, та інтенсивність вихрового сліду відносно інерціальної системи координат у прогнозований момент часу на основі інформації від блока імітації вихрових слідів модуля імітації вихрових умов;

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

- блок формування зон і областей, який забезпечує: формування навколо точки перетину траєкторії вихрового сліду з контрольної площиною небезпечної зони вихрового сліду, при потрапленні в яку у літального апарата параметри руху можуть перевищити допустимі межі, на основі інформації від модуля параметрів небезпечної зони вихрових збурень, формування в зазначеній контрольній площині області прогнозованих з урахуванням установлених нормативів здійснення 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

- 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 її рівності нулю;

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

- блок індикації, що містить принаймні один пристрій індикації, який забезпечує індикацію події рівності нулю відстані від області підвищеної уваги до небезпечної зони вихрового сліду генератора вихрів;

- блок аварійної індикації, який містить принаймні один пристрій індикації, що забезпечує індикацію події рівності нулю відстані від області прогнозованих положень літального апарата до небезпечної зони вихрового сліду генератора вихрів.

При цьому доцільно, щоб згідно з винаходом тренажер містив модуль візуалізації, що включає пристрій візуалізації, наприклад дисплей, здатний на основі інформації від модуля попередження формувати зображення принаймні області

прогнозованих положень літального апарата і небезпечної зони вихрових слідів.

При цьому краще, щоб в тренажері згідно з винаходом пристрій індикації і пристрій аварійної індикації були вибрані з групи пристроїв аудіо-, візуальної і тактильної індикації.

Крім того, розумно, щоб в тренажері згідно з винаходом блок вибору часу випередження був виконаний з можливістю поточної корекції часу випередження в ручному, напіваавтоматичному або автоматичному режимі.

Крім того, згідно з винаходом, краще, щоб блок формування зон і областей був виконаний з можливістю поточної корекції координат області підвищеної уваги і області прогнозованих положень літального апарата в ручному, напіваавтоматичному або автоматичному режимі.

Крім того, згідно з винаходом доцільно, щоб в тренажері блок визначення параметрів небезпечної зони був виконаний з можливістю апроксимації меж небезпечної зони вихрового сліду генератора вихрів.

При цьому, згідно з винаходом краще, щоб як критерій безпеки вихрового сліду був вибраний допустимий момент крену пілотованого літального апарата.

Крім того, згідно з винаходом як критерій безпеки вихрового сліду може бути вибраний допустимий кут крену пілотованого літального апарата.

При цьому, згідно з винаходом в тренажері сценарії тренувань можуть бути вибрані з групи, що включає зліт і посадку в умовах наземного аеродрому, зліт і посадку в умовах авіаносця, політ одиночний, політ у складі групи, заправлення у повітрі.

При цьому, згідно з винаходом доцільно, щоб тренажер був реалізований у програмному забезпеченні роботи модулів тренажера.

Крім того, розумно, щоб в тренажері згідно з винаходом модуль параметрів небезпечної зони вихрових збурень містив базу даних характеристик небезпечних зон вихрових слідів різних типів генераторів вихрів.

Крім того, згідно з винаходом краще, щоб система оцінки дій пілота містила пристрій збереження інформації про координати контрольної площини, області прогнозованих положень літального апарата і небезпечних зон вихрових слідів генераторів вихрів, що знаходяться поблизу літального апарата, принаймні упродовж часу аварійної індикації події рівності нулю відстані від області прогнозованих положень літального апарата до небезпечної зони

Стислий опис креслень

Далі винахід пояснюється прикладами виконання авіаційних тренажерів згідно з винаходом, що не обмежують застосування винаходу і не виходять за межі об'єму винаходу, та кресленнями, що додаються, на яких:

Фіг.1 - схема тренажера згідно з винаходом, пристосованого для навчання пілотуванню в умовах вихрової небезпеки, варіант виконання.

Фіг.2 - схема тренажера згідно з винаходом, пристосованого для навчання пілотуванню в

умовах інформування пілота про прогнозовану можливість потрапляння літального апарата у небезпечну зону вихрового сліду генератора вихрів, варіант виконання.

Фіг.3 - схема модуля імітації вихрових умов і модуля імітації дії на літальний апарат вихрових збурень згідно з винаходом, варіант виконання.

Фіг.4 - схема реалізації модуля попередження згідно з винаходом та його взаємодія з іншими модулями тренажера, варіант.

Фіг.5 - схема модуля параметрів небезпечної зони вихрових збурень згідно з винаходом, варіант виконання.

Фіг.6 - схема зображення інформації, яку надає модуль попередження, варіант зображення на дисплеї навігаційної карти згідно з винаходом.

Як приклад виконання тренажера згідно з винаходом розглянемо варіант здійснення тренажера, пристосованого для навчання пілотуванню літального апарата (далі ЛА) в умовах вихрової небезпеки (Фіг.1) і варіант здійснення тренажера для навчання в умовах інформування пілота про прогнозовану можливість потрапляння ЛА у небезпечну зону вихрового сліду генератора вихрів (далі ГВ) (Фіг.2).

Тренажери (Фіг.1, 2) містять модуль 1 контролю і керування режимами тренажу, модуль 2 бази даних сценаріїв тренувань і модуль 3 комутування модулів тренажера, що забезпечують вибір сценарію тренування, взаємодію всіх модулів тренажера відповідно до вибраного сценарію, а також, при необхідності, коректування їхньої роботи зі зміною параметрів режимів.

Модуль 3 комутування модулів передає на модуль 4 імітації позакабінних візуальних обставин, на модуль 5 імітації приладової дошки, на модуль 6 імітації робочого місця пілота, на модуль 7 імітації параметрів оточуючого середовища інформацію відповідно до сценарію тренування, включає модуль 8 імітації органів керування агрегатами і системами ЛА, модуль 9 імітації вихрових умов, модуль 10 імітації дії на ЛА вихрових збурень, модуль 11 імітації динаміки ЛА і систему оцінки дій пілота, якого навчають.

Модуль 7 імітації параметрів оточуючого середовища передає на модуль 5 імітації приладової дошки інформацію про показання приладів, яка відповідає вибраному сценарію, а на модуль 9 імітації вихрових умов - інформацію про величину і напрямок локальної швидкості вітру, профіль вітру по висоті, ступінь турбулентності, тип підстилаючої поверхні.

Модуль 9 отримує також від модуля 2 бази сценаріїв тренувань інформацію про типи ГВ, що знаходяться в оточуючому ЛА просторі, швидкість їх переміщення, кутову швидкість і координати точок їх траєкторій, зберігає її, а потім визначає траєкторію та інтенсивність вихрових слідів, генерованих цими генераторами вихрів як сукупності точок центрів областей завихреності, наприклад за допомогою застосування алгоритмів обчислення, таких як відомий алгоритм обчислення Northwest Research Associated, Inc., Aircraft Vortex Spacing System (AVOSS), Algorithm Version 3.1.1), або інших, що забезпечують

обчислення координат центрів областей завихреності на основі інтегрування диференціального рівняння, що описує еволюцію областей завихреності у просторі і часі. Цю інформацію модуль 9 зберігає і потім передає на модуль 10 імітації дії на ЛА вихрових збурень.

Модуль 10 на основі зазначеної інформації від модуля 9, інформації від модуля 2 про тип ЛА, його конфігурацію, положення, координати, швидкість переміщення та кутову швидкість ЛА, а також інформації від модуля 11 імітації динаміки ЛА про сили, що діють на ЛА в даний момент часу, обчислює у поточному режимі додаткові сили і моменти, індуковані виявленим вихровим слідом ГВ, і передає цю інформацію на модуль імітації динаміки ЛА, який моделює і передає на модуль 6 імітації робочого місця пілота відповідні силові дії. Ці додаткові сили і моменти також змінюють відповідно до зміни кінематичних параметрів літака показань приладів модуля S і змінюють картину позакабінних обставин модуля 4.

Згідно з винаходом в тренажері здійснюють завантаження силових органів модуля 8 імітації органів керування агрегатами і системами ЛА за модельованими параметрами для створення на них зусиль, що відповідають умовам реального польоту. У разі обладнання, згідно з винаходом, модуля 6 імітації робочого місця пілота системою рухомості, ці силові дії можуть бути змодельовані як нахили крісла, коливання, вібрації, що дозволяє в умовах тренажу виробляти у пілота адекватне сприйняття цих дій з утворення образу джерела їх виникнення та відслідковуванням логічного зв'язку цих дій зі зміною показань відповідних приладів на приладовій дошці. Пілот, якого навчають, приймає рішення про зміну положення ЛА, здійснення маневру, для чого діє на органи модуля 8 органів керування агрегатами і системами ЛА. Інформація про дію передається на модуль 11 імітації динаміки ЛА і далі на приладову дошку, змінюючи показники приладів, і потім дії оцінюються системою 12 оцінки дій пілота, наприклад на основі порівняння еталонних показників приладів з показниками, досягнутими в результаті дій пілота.

Тренажер згідно з винаходом може також містити модуль імітації шумових, оптичних і динамічних ефектів, що сприяє процесу навчання.

Система 12 оцінки дій пілота може бути розташована, наприклад, на робочому місці інструктора, де можуть приймати інформацію від модулів тренажера про параметри ЛА та хід виконання тренувального "польоту", здійснювати обробку даних польоту в обчислювальній машині інструктора і за запитом інструктора на його пристрої відображення інформації відтворюють дії пілота, формують з вибраним ракурсом тривимірне зображення імітованої зони тренувального "польоту", наприклад з урахуванням взаємного розташування всіх ЛА та інших наземних і повітряних генераторів вихрового сліду, що знаходяться там. При цьому в тренажері згідно з винаходом модулі 4, 5, 6, 7, 8 тренажера можуть бути встановлені, наприклад, в кабіні реального ЛА, що створює для пілота, якого навчають, умови реальності обстановки, а модулі

1, 2, 3, 12 можуть бути встановлені, наприклад, у місці розміщення інструктора для контролю за проведенням тренажу і можливого коректування сценаріїв тренувань. Місце розміщення модулів 9, 10, 11 імітації може бути вибрано довільно.

На Фіг.3 показано варіант виконання модулів 9 і 10 тренажера та їх взаємодія між собою. Модуль 9 імітації вихрових умов може містити блок 13 імітації динаміки генераторів вихрових слідів, який забезпечує стеження за ГВ з отриманням інформації від модуля 2 бази сценаріїв тренувань про тип ГВ, його геометричні та масові характеристики і положення в даний момент і зберігання координат точок траєкторії та величини швидкості ГВ, і блок 14 імітації динаміки вихрових слідів, який забезпечує на основі інформації від блока 15 і від модуля 7 імітації параметрів оточуючого середовища обчислення траєкторії та інтенсивності вихрового сліду ГВ як сукупності точок центрів областей завихреності і зберігання координат точок траєкторії та інтенсивності вихрового сліду в даний момент.

Модуль 10 імітації дії на ЛА вихрових збурень (Фіг.3) згідно з винаходом може містити блок 15 схематизації ЛА, який забезпечує на основі інформації від модуля 2 сценаріїв тренувань про конфігурацію, координати, швидкість переміщення, кути тангажа, ристання і крену ЛА обчислення сукупних геометричних характеристик ЛА, необхідних для розрахунку діючих на нього сил і моментів, в тому числі індукованих вихровим слідом, і блок 16 визначення сил і моментів, який забезпечує обчислення зазначених аеродинамічних сил і моментів на основі інформації від блока 14 імітації динаміки вихрових слідів, від блока 15 схематизації ЛА та від модуля

Тренажер для навчання в умовах інформування пілота про прогнозовану можливість потрапляння ЛА у небезпечну зону вихрового сліду ГВ (Фіг.2) містить додатково до вищеописаних модулів модуль 17 параметрів небезпечної зони вихрових збурень, який забезпечує визначення геометричних параметрів зони простору, небезпечної для ЛА з точки зору критерію небезпеки динамічної дії, індукованої в цій зоні вихровими збуреннями, модуль 18 попередження, який забезпечує моделювання цих небезпечних зон на випереджальній відстані попереду ЛА, яку ЛА може подолати за вибраний, наприклад пілотом, час випередження, достатній для здійснення ЛА маневру відхилення від прогнозованої небезпечної зони. Для надання інформації у прогнозований момент часу модуль 18 забезпечує моделювання контрольної площини (далі КП), розташованої попереду ЛА на випереджальній відстані, точок прогнозованого перетину ЛА з КП і навколо них - області прогнозованих положень ЛА (далі ОПП) у момент перетину ЛА з КП, в тому числі його просторової конфігурації, і точок перетину траєкторій вихрових слідів ГВ з цією КП і формування зазначених небезпечних зон навколо цих точок перетину. При цьому модуль 18 здійснює контроль можливості перетину в контрольній площині ОПП з небезпечними зонами вихрових слідів, і надає



пілота сигнал аварійної індикації. Модуль 18 також передбачає моделювання в контрольній площині області підвищеної уваги (далі ОПУ), яка за розмірами перевищує ОПП, наявність в якій небезпечних зон вихрових слідів попереджає пілота про можливість подальшого потрапляння ЛА у небезпечну зону.

Згідно з винаходом тренажер може бути забезпечений модулем 19 візуалізації сформованої інформації, який дозволяє формувати у пілота адекватне розуміння візуальної схематичної картини вихрових умов навколо ЛА і прогнозовану зміну цієї ситуації.

На Фіг.4 показана схема взаємодії модулів тренажера згідно з винаходом для навчання пілота в умовах його інформування про вихрову ситуацію. При цьому модуль 17 параметрів небезпечної зони вихрових збурень, згідно з винаходом виконаний за схемою, представленою на Фіг.5, здійснює наступну обробку поточної інформації, що надходить.

Блок 20 визначення небезпеки збурень робить оцінку небезпеки збурень в заданій точці простору за установленням критерієм небезпеки додаткових діючих на ЛА аеродинамічних сил і моментів, індуктованих вихровими збуреннями, генерованими ГВ, на основі інформації від блока 16 визначення сил і моментів модуля 10 імітації дії на літальний апарат вихрових збурень. Згідно з винаходом як критерій небезпеки може бути вибраний, наприклад, момент крену або кут крену ЛА.

Блок 21 визначення множини небезпечних точок простору, в яких додаткові сили і моменти, індуктовані вихровими збуреннями, є небезпечними, визначає координати точок простору, що належать небезпечній зоні, за критерієм небезпеки на основі інформації від блока 20 визначення небезпеки збурень.

Блок 22 визначення параметрів небезпечної зони вихрових збурень обчислює геометричні характеристики небезпечної зони на основі інформації від блока визначення множини небезпечних точок і передає інформацію про це на модуль попередження.

При цьому, згідно з винаходом модуль 17 параметрів небезпечної зони вихрових збурень може містити базу даних характеристик небезпечних зон вихрових слідів різних типів генераторів вихрів, що значно скорочує час на обробку інформації, що надходить.

Модуль 18 попередження (Фіг.4) згідно з винаходом здійснює формування інформації для пілота, достатньої для адекватної оцінки ним вихрових умов у просторі навколо та попереду ЛА.

При цьому в модулі 18 попередження блок 23 вибору часу випередження вибирає, час, протягом якого принаймні можливе виконання маневру зміни траєкторії польоту літального апарата, що забезпечує відхилення літального апарата від вихрового сліду генератора вихрів після попередження про можливість потрапляння у нього. Згідно з винаходом час випередження може бути відкоректований у поточному режимі за допомогою ручного регулювання, напівавтоматичного або автоматичного

регулювання з урахуванням, наприклад, кваліфікації пілота, особливостей польотного завдання сценарію тренування. Регулювання може бути виконане як самим пілотом, так і інструктором, що забезпечує можливість ускладнення або полегшення режиму тренування.

Потім блок 24 моделювання контрольної площини на основі інформації від модуля 11 про координати, швидкість переміщення, кути тангажа, ристання і крену ЛА та від блока 23 про вибраний час випередження обчислює випереджальну відстань, яка дорівнює відстані, що її долає літальний апарат за час випередження, моделює КП, розташовану у просторі попереду ЛА перпендикулярно напрямку його руху на випереджальній відстані від ЛА, наприклад у вигляді коефіцієнтів рівняння площини КП в інерціальній системі координат у прогнозований момент часу прольоту ЛА через КП.

Блок 25 прогнозування на основі інформації від модуля 13 про траєкторію та інтенсивність вихрового сліду ГВ як сукупність траєкторій центрів областей завихреності, генерованих генератором вихрів, і від блока 23 про час випередження, визначає траєкторію вихрового сліду генератора вихрів та інтенсивність вихрового сліду відносно інерціальної системи координат у прогнозований момент часу прольоту ЛА через КП. Блок 26 обчислення точок перетину на основі інформації від блоків 25 і 24 визначає координати точок перетину траєкторії вихрового сліду ГВ з КП у прогнозований момент часу перетину ЛА зазначеної контрольної площини.

Блок 27 формування зон і областей на основі інформації від блока 26 і від модуля 17 формує навколо точки перетину траєкторії вихрового сліду з КП небезпечну зону вихрового сліду, при потрапленні в яку у ЛА параметри руху можуть перевищити допустимі межі, формує в КП область прогнозованих з урахуванням установлених нормативів здійснення польоту положень (далі ОПП) ЛА у прогнозований момент перетину ЛА з КП, формує навколо ОПП область підвищеної уваги (далі ОПУ), інформація про потрапляння в яку небезпечної зони вихрового сліду повинна бути надана пілоту. Згідно з винаходом блок 27 дозволяє здійснювати поточну корекцію координат ОПП ЛА та ОПУ, що є важливим для пілота при координуванні маневру відхилення з польотним завданням.

Блок 28 переходу обчислює координати ОПП ЛА, небезпечної зони вихрового сліду ГВ і ОПУ у пов'язаній з ЛА системі координат.

Потім перший блок 29 перевірки умови перетину визначає відстань від ОПУ до небезпечної зони вихрового сліду та відслідковує подію рівності її нулю, а другий блок 30 перевірки умови перетину визначає відстань від ОПП до небезпечної зони вихрового сліду та відслідковує подію рівності її нулю.

Інформація про рівність нулю у прогнозований момент часу зазначених відстаней надходить відповідно в блок 31 індикації або в блок 32 аварійної індикації, які мають пристрої індикації, встановлені в модулі 5 імітації приладової дошки

та/або в модулі 6 імітації робочого місця пілота, наприклад в реальній кабіні ЛА. Наприклад, починає працювати спочатку на робочому місці пілота пристрій аудіоіндикації у разі рівності нулю відстані між ОПУ та небезпечною зоною вихрового сліду, а потім - пристрій, наприклад, аварійної тактильної індикації у разі рівності нулю відстані між ОПП ЛА та небезпечною зоною вихрового сліду, установлений на ручках робочого крісла пілота. Тактильна індикація призначена спонукати пілота до уживання термінових заходів для виконання маневру відхилення ЛА від небезпечної зони. При цьому в розпорядженні пілота є час для маневру, заданий користувачем з урахуванням швидкості переміщення ЛА. В залежності від ситуації, що складається, після отримання першої індикації час випередження може бути скоректований, наприклад пілотом, наприклад за допомогою ручного регулювання з встановленням цифрового параметра величини часу випередження або автоматичного регулювання з встановленням умови зміни цього часу. Із збільшенням зазначених відстаней індикація припиняється, що свідчить про вихід ЛА з небезпечної для ЛА ситуації і сприяє зняттю напруження у пілота.

Згідно з винаходом доцільно візуалізувати для користувачів - пілота та інструктора, інформацію про взаємне розташування ОПП ЛА та небезпечної зони в КП у прогнозований момент часу в модулі 19 візуалізації, наприклад на дисплеї або навігаційній карті ЛА, і при цьому для обмеження об'єму інформації, що не є актуальною для пілота, візуалізувати положення небезпечних зон тільки після перетину їх з ОПУ.

Згідно з винаходом модуль 17 параметрів небезпечної зони вихрових збурень, як показано на схемі Фіг.5, може містити блоки 20, 21 і 22. Блок 20 визначення небезпеки збурень на основі інформації від модуля 10 імітації дії на ЛА вихрових збурень про сили і моменти, індуковані на ЛА дією вихрових слідів ГВ, та інформації від модуля 11 імітації динаміки ЛА про параметри, конфігурацію, положення, швидкість ЛА визначає відповідно до вибраного в сценарії критерію небезпеки, наприклад, згідно з винаходом, моменту крену ЛА або кута крену ЛА, точки в областях завихреності вихрових слідів, в яких сили і моменти, індуковані вихровим слідом ГВ, будуть у прогнозований момент часу небезпечними для ЛА. Блок 21 визначає точки простору, що належать небезпечній зоні вихрового сліду, а блок 22 визначення параметрів небезпечної зони вихрового сліду обчислює геометричні характеристики небезпечної зони як сукупності точок. Згідно з винаходом краще, щоб модуль 13 параметрів небезпечної зони був виконаний з можливістю апроксимування меж небезпечної зони. Інформація про параметри небезпечної зони потім надходить в модуль попередження, аналізується вищеописаним способом і може бути потім передана на модуль візуалізації для відображення та індикації у разі небезпеки потрапляння в неї ЛА. Пристроєм візуалізації може бути, наприклад, дисплей.

На Фіг.6 показаний дисплей навігаційної карти, який зазвичай застосовується в ЛА для індикації курсу ЛА і для зображення символів, генерованих бортовою інерціальною навігаційною системою, наприклад застосовуваною в США системою Airborne Inertial Navigation System (AINS), з варіантом зображення області 33 прогнозованих положень ЛА і небезпечних зон 34, 35 вихрових слідів ГВ у просторі у прогнозований момент часу. Область 33 ОПП ЛА може мати вигляд, наприклад, прямокутника, розміри якого пропорційні габаритам області можливого положення корпусу ЛА у просторі. Межі області підвищеної уваги на дисплеї не показані, оскільки згідно з винаходом доцільно, щоб зображення небезпечних зон вихрових слідів проектувалося на дисплеї тільки в тому випадку, якщо небезпечні зони перетинаються з областю підвищеної уваги, одночасно з індикацією, наприклад звуковою, цієї події. Тому можна вважати, що на дисплеї зображена область 36 підвищеної уваги. Зображення небезпечних зон 34, 35 вихрових слідів може мати вигляд, наприклад, кола або іншої зручної для зорового сприйняття геометричної фігури. При цьому зображення може супроводжуватись візуальною індикацією, наприклад світловою або кольоровою, областей 33, 34, 35 або їхніх меж, а у випадку настання події перетину межі області 33 ОПП ЛА з межею області, наприклад, небезпечної зони 35, супроводжуватись аварійною аудіоіндикацією, наприклад на дисплеї або приладовій дошці, або тактильною індикацією на ручці крісла пілота.

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, згідно з винаходом обчислення по слідуванню за вихровим слідом ГВ можуть здійснюватись відносно всіх ГВ, що знаходяться поблизу ЛА, а відображатися на дисплеї будуть 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 відвертання потрапляння ЛА у небезпечну зону.

Застосування тренажерів згідно з винаходом створює максимальні умови для адекватного сприйняття пілотом вихрових умов, дії на ЛА сил і моментів, індукованих вихровими збуреннями, і розуміння можливих наслідків потрапляння ЛА у небезпечну зону вихрів. Перевагою описаних тренажерів є те, що пілоту надається необхідна йому інформація про вихрові сліди, достатня для виконання у подальшому ефективного маневру відхилення від небезпечної зони вихрів. Шляхом попередньої обробки інформації про вихровий слід, реалізованої в даному винаході, вдається скоротити об'єм індукованої інформації, залишаючи тільки корисну її частину. При цьому забезпечується інформування пілота, якого навчають, про просторове положення ЛА відносно вихрового сліду у прогнозований момент часу, про

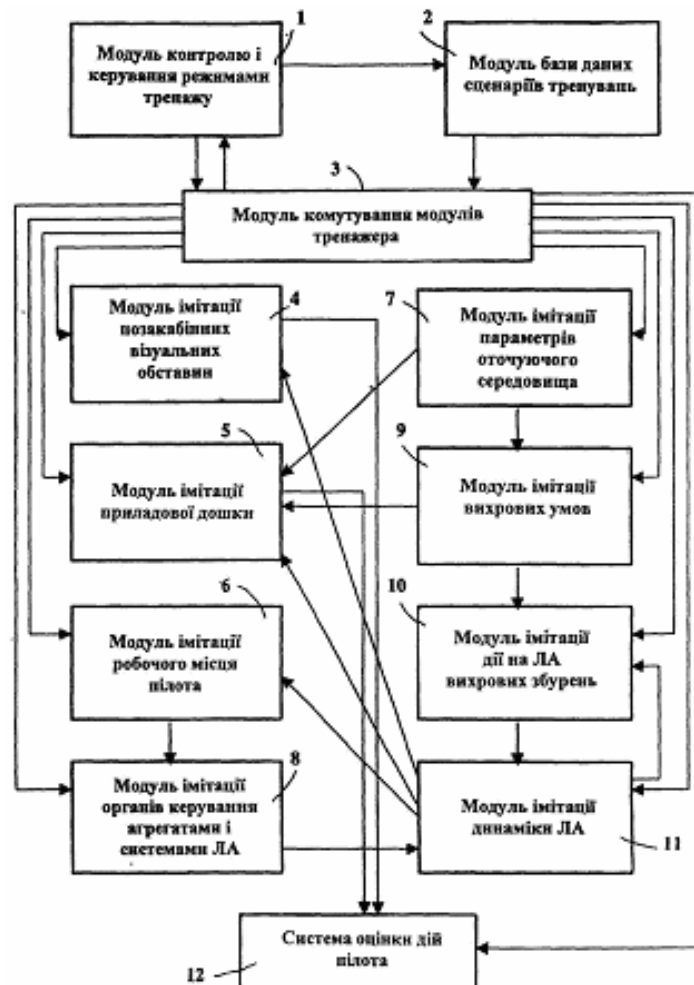
зміну діючих на ЛА сил і моментів, викликаних зміною його конфігурації, а також адаптація операцій модулів тренажера до умов зовнішніх обставин за сценарієм та режимів функціонування систем і обладнання ЛА.

Згідно з винаходом сценарії тренувань можуть бути вибрані з групи, що включає зліт і посадку в умовах наземного аеродрому, зліт і посадку в умовах авіаносця, політ одиночний, політ у складі групи, заправлення у повітрі, виконання маловисотного польоту з відслідковуванням рельєфу місцевості, що дозволяє на одному тренажері відпрацьовувати різні навички пілотування. При цьому, згідно з винаходом система оцінки дій пілота може містити пристрій збереження інформації про координати контрольної площини, області прогнозованих положень літального апарата і небезпечних зон вихрових слідів генераторів вихрів, що знаходяться поблизу літального апарата, принаймні упродовж часу аварійної індикації події рівності нулю відстані від області прогнозованих положень літального апарата до небезпечної зони вихрового сліду генератора вихрів, що є досить корисним для цілей атестації і оцінки кваліфікації пілота, а також для навчання розшифровці

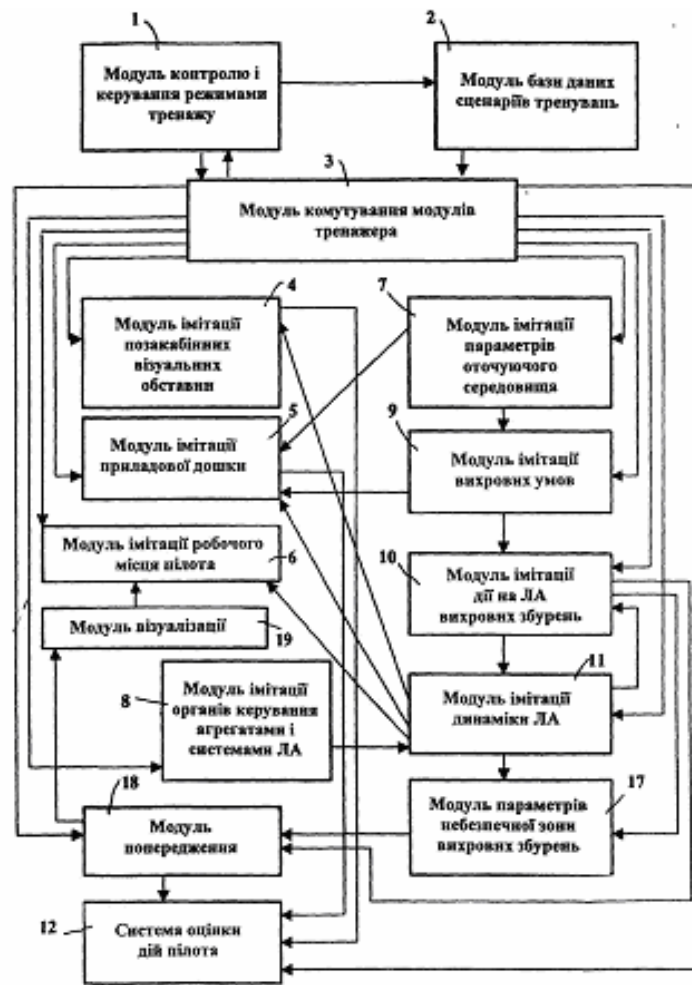
Фахівцям, що працюють в галузі авіоніки та тренажеробудування, має бути зрозуміло, що в тренажери згідно з винаходом для навчання пілотуванню в умовах вихрової небезпеки і в умовах інформування пілота про прогнозовану можливість потрапляння ЛА у небезпечну зону вихрового сліду ГВ можуть бути внесені поліпшення та удосконалення, що не виходять за межі формули даного винаходу, наприклад пов'язані з відмінністю в обладнанні та оснащенні ЛА різних типів, з відмінністю сценаріїв тренувань для різних типів ЛА, застосуванням різних способів і пристроїв індикації та візуалізації інформації, яка надається пілоту, зміни інформаційних потоків у зв'язку зі зміною технічного оснащення тренажера.

Промислова придатність

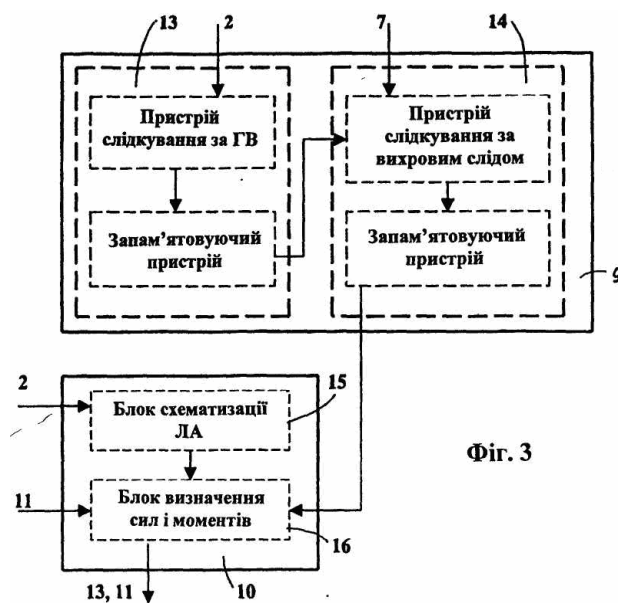
Тренажер згідно з винаходом може бути реалізований у програмному забезпеченні як окремих модулів, так і системи модулів в єдину систему навчання, наприклад за допомогою обчислювальних пристроїв і персональних комп'ютерів. При цьому очевидно, що в одному тренажері можуть бути встановлені декілька місць для навчання з можливістю варіювання сценаріїв тренування.



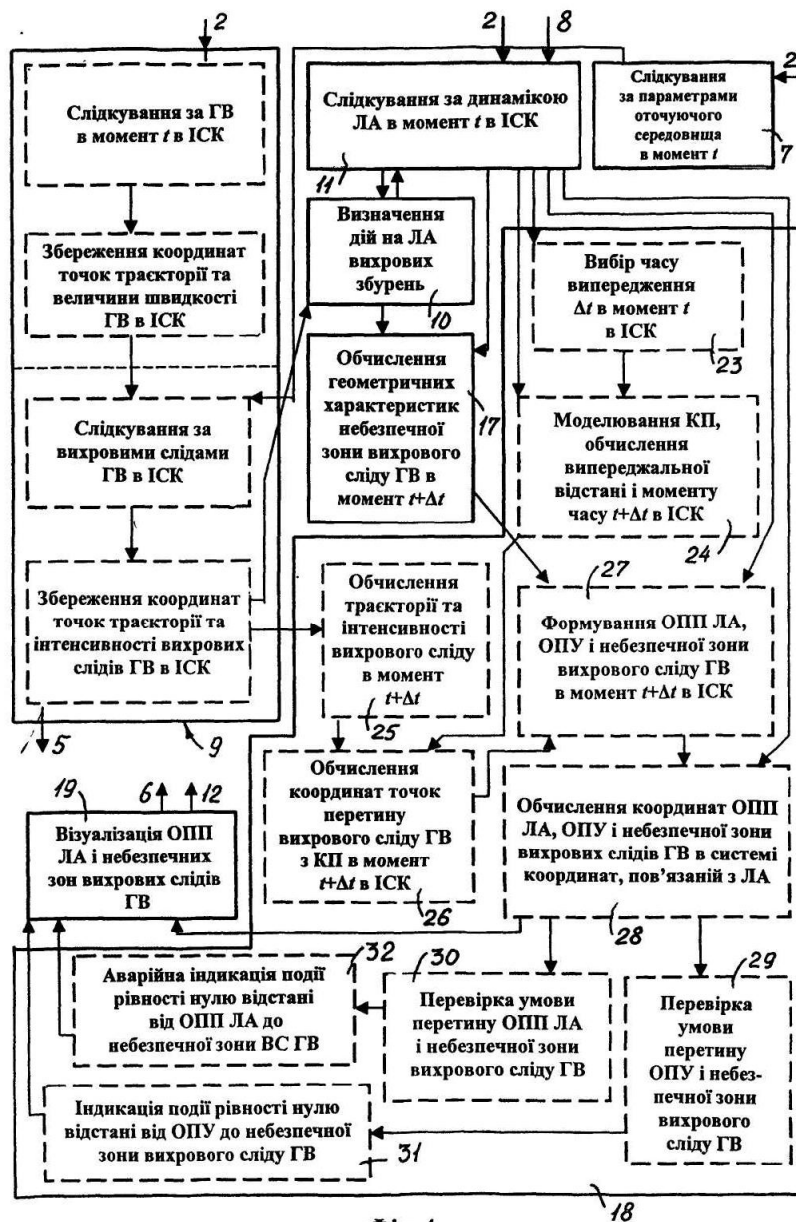
Фіг. 1



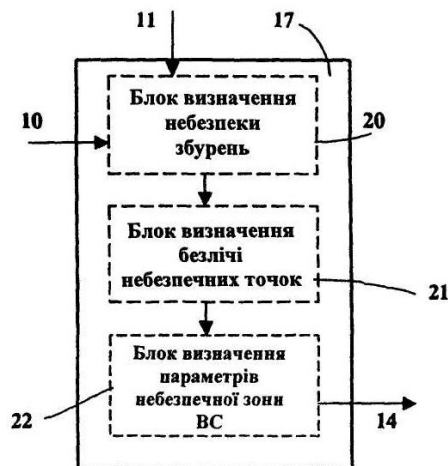
Фіг. 2



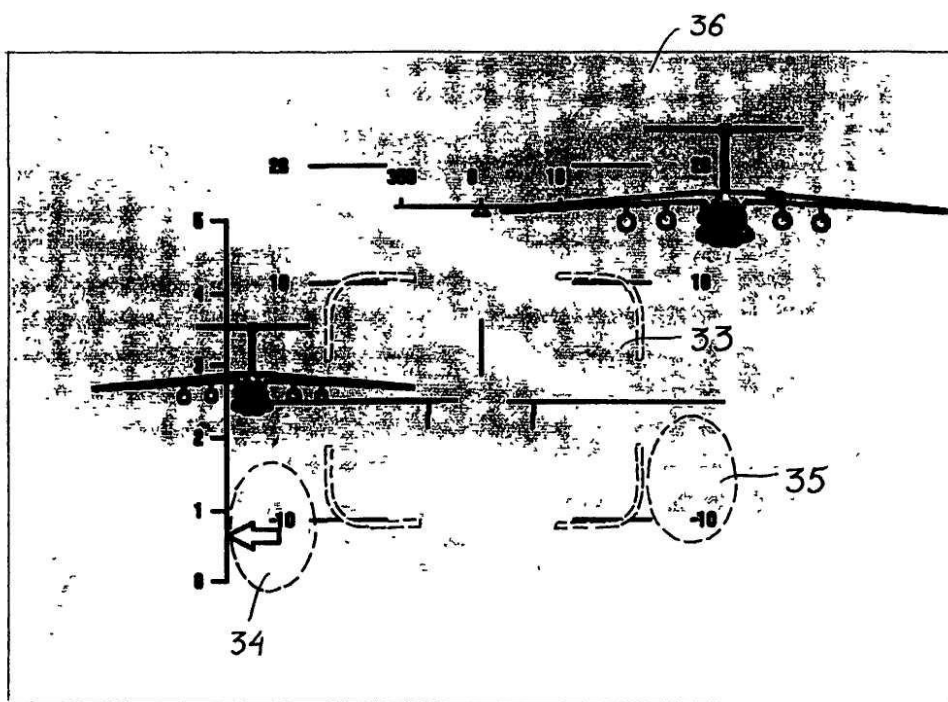
Фіг. 3



Фіг. 4



Фіг. 5



Фиг. 6