

Дистанційне зондування Землі

УДК 629.7.072.8

doi: 10.26906/SUNZ.2018.3.016

О. А. Машков, Ю. В. Мамчур

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, Київ, Україна

ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКІВ РОЗРОБКИ ТРЕНАЖЕРІВ ПІДГОТОВКИ ОПЕРАТОРІВ ДИСТАНЦІЙНО-ПІЛОТОВАНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

В статті розглядаються питання створення тренажерів дистанційно-пілотованих літальних апаратів екологічного моніторингу. Обґрунтовується необхідність створення спеціалізованих тренажерів екологічного моніторингу навколишнього середовища та техногенно небезпечних об'єктів. Розглядається функціональне призначення спеціалізованого тренажера екологічного моніторингу. Розглядаються особливості роботи оператора на тренажері екологічного моніторингу при керуванні польотом дистанційно пілотованого літального апарату. Запропоновано критерії оцінки спеціалізованого тренажера екологічного моніторингу. Обґрунтовується модульність конструктивної побудови тренажера екологічного моніторингу. Сформульовано проблеми сертифікації спеціалізованого тренажера при вирішенні різних завдань екологічного моніторингу. Стверджується, що сертифікація тренажера дистанційно пілотованого літального апарату повинна підтвердити відповідність тренажера вимогам стандартів, при цьому виробник повинен забезпечити якість у реальних умовах власного виробництва. Досвід міжнародної співпраці при виробництві та використанні тренажерів свідчить про необхідність єдиних вимог до сертифікації тренажерів. Сьогодні потрібна розробка нових вимог щодо візуалізації на тренажері моніторингової обстановки та до запізнювання інформації при керуванні бортовим спеціалізованим обладнанням. Адаптація міжнародних стандартів до оцінки тренажера екологічного моніторингу дозволить створювати навчальні системи та засоби, які є конкурентноспроможні на світовому ринку авіаційних тренажерів. Програма сертифікації тренажера екологічного моніторингу повинна містити методологічну та організаційну частини.

Ключові слова: дистанційно пілотований літальний апарат, імітатор візуальної обстановки, імітатор динаміки польоту, навколишнє середовище, оператор, модуль, тренажер, екологічний моніторинг, техногенно небезпечний об'єкт.

Вступ

У теперішній час має місце порушення стійкості системи «людина - природа - суспільство». Це обумовлено істотним деструктивним впливом людства на стан навколишнього середовища в результаті надмірного зростання продуктивних сил і кількісного зростання чисельності населення. Все це призводить до величезного посилення антропогенного навантаження на екосистеми Землі і до незворотних змін у всій біосфері. Інтенсивний розвиток науково-технічного прогресу зумовило виникнення низки глобальних екологічних проблем. Кожна з них здатна привести до знищення нашої цивілізації. Серед цих проблем найбільш пріоритетними є: дефіцит прісної води, зниження видового біологічного і ландшафтного різноманіття планети, парниковий ефект, озонові діри, кислотні дощі, забруднення Світового океану, опустелювання, загибель лісів тощо. Одним з основних шляхів реалізації концепції сталого розвитку суспільства вважається впровадження на всіх організаційних рівнях науково обґрунтованої системи екологічного і соціально-економічного менеджменту. Для цього служить система екологічного та соціально-економічного моніторингу [1-4].

Система моніторингу повинна в інформаційному плані забезпечити організацію необхідних інформаційних потоків і поліпшити спостереження за основними процесами і явищами в біосфері. Для прийняття раціональних управлінських рішень необхідною умовою є наявність якісного інформаційного

забезпечення по динаміці різних показників, що характеризують стан навколишнього середовища. При цьому, всі негативні тенденції, що відбуваються в розвитку складної системи «людина - природа - суспільство», підвищують актуальність як екологічного, так і соціально-економічного моніторингу.

Аналіз літератури. Сьогодні в якості суб'єкта моніторингу застосовуються різні технічні засоби (аерокосмічні системи, наземні мобільні і стаціонарні комплекси). У роботі розглядаються проблеми створення тренажерів для підготовки оператора управління літаками екологічного моніторингу. Великий внесок у вирішення проблем вдосконалення авіаційних тренажерів внесли вчені: Меєрович Г.Ш., Красовський О.А., Кудіненко А.В., Синєглазов В.М., Баранов Г.Л., Азарсков В.М., Ільїн О.Ю., Кононов О.А., Саваневич В.Є. Тупкало В.М. та інші [5-10].

В даний час у зв'язку з бурхливим розвитком комп'ютерних технологій тренажери стають інтелектуальними людино-машинними системами. В сучасних тренажерах, що розробляються на базі інформаційних технологій, впроваджуються елементи людино-машинного інтелекту, використовуються системи імітації зовнішньої обстановки, що забезпечують ефект занурення у віртуальну реальність, застосовуються автоматизовані системи об'єктивного контролю в реальному масштабі часу з аналізом рівня на тренуваності, створюються оптимальні електронні інструктори і автоматизовані навчальні системи. Сьогодні головна проблема екологічного моніторингу в умовах стрімкого розповсюдження дистанційно-піло-

тованих літальних апаратів (ДПЛА) - гостра нестача кваліфікованих операторів як самого апарату, так і цільової апаратури. При наявності високого попиту на ДПЛА і працюють з ними операторів фактично сьогодні відсутня розвинена система підготовки фахівців. Чи не налагоджено виробництво відповідних тренажерів та іншого обладнання. При цьому необхідна розробка методик і програм підготовки фахівців, в тому числі з використанням тренажерів різних типів екологічного моніторингу [1, 2].

Завдяки досвіду експлуатації ДПЛА різних типів, накопиченому фірмами розробниками, потрібен переклад процесу підготовки операторів ДПЛА екологічного моніторингу на новий організаційний і технологічний рівень. У перспективі слід розглянути питання створення навчально-тренувального центру для підготовки операторів різних типів ДПЛА екологічного моніторингу. Основні викладаються теоретичні і практичні курси повинні бути спрямовані на навчання фахівців для обслуговування безпілотних авіаційних систем, підготовку операторів-пілотів і операторів цільової навантаження ДПЛА екологічного моніторингу [3].

Метою статті є обґрунтування напрямків розробки спеціалізованих тренажерів екологічного моніторингу для підготовки операторів керування дистанційно-пілотованими літальними апаратами.

Виклад основного матеріалу

Необхідність створення тренажерів екологічного моніторингу. Тренажер ДПЛА є високоорганізоване технічний засіб навчання, тому важливо оцінити наскільки близько в ньому відтворюються характеристики реального літака. Незважаючи на наявність ряду вітчизняних і зарубіжних публікацій, присвячених відповідності характеристик тренажера реальному літальному апарату, завдання про необхідного ступеня даного відповідності, а також вироблення критеріїв по оцінці адекватності характеристик, поки ще розглянуті недостатньо. Як зазначалося вище, отримання об'єктивної кількісної оцінки тренажера ДПЛА на сьогоднішній день пов'язане з великим обсягом випробувань і великою кількістю контрольованих параметрів. Тому існує необхідність в розробці автоматизованої системи випробувань в складі тренажера. Точність відтворення характеристик в тренажері ДПЛА в першу чергу залежить від закладеної моделі динаміки польоту. Імітатор динаміки польоту тренажера повинен дозволити відтворювати всі етапи польоту літака: зліт, набір висоти, політ за маршрутом, зниження, захід на посадку, посадку і руління. У тренажері ДПЛА найбільшого поширення набули математичні моделі динаміки польоту, засновані на рішенні нелінійних диференціальних рівнянь. До особливостями імітації руху ДПЛА при навчанні оператора на тренажері можна віднести імітацію позаштатних і аварійних ситуацій, імітацію граничних режимів і збурень повітряного середовища, облік впливу нових органів управління, відмови бортового обладнання [5-10].

Швидкий розвиток обчислювальних засобів і нових технологій призвело до створення генераторів тривимірного зображення. Якість і деталізація гене-

рується зображення повинні бути настільки високі, щоб дозволити льотчиків на тренажері прищеплювати навички візуального пілотування на всіх режимах польоту і застосовувати обладнання для моніторингу. До складу тренажерного комплексу має входити обладнання реального наземного пункту управління ДПЛА і відповідна апаратна і програмна частина розробки, включаючи унікальну систему візуалізації, що дозволяє з високою точністю імітувати географічні та кліматичні особливості районів моніторингу. У імітаторі візуальної обстановки база ділянок навколишнього природного середовища та техногенної небезпечна об'єктів повинна постійно поповнюватися. Як показали дослідження в основу системи візуалізації тренажера екологічного моніторингу може бути покладена розробка, названа Physics Based Environment Generator HD - один з продуктів в лінійці HD World. У тренажері необхідно з високою точністю і деталізацією генерувати різну підстилаючої поверхню, включаючи промислові об'єкти, рельєф місцевості і навіть імітувати різноманітні, характерні для конкретної ділянки місцевості погодні умови. Необхідно розробити і ввести в дію різні організаційно-штатні заходи та захоплювальні програми, які повинні сприяти підвищенню престижу професії оператора ДПЛА і оператора цільової навантаження ДПЛА [4].

Функціональне призначення тренажера екологічного моніторингу. Відпрацювання вправ на тренажері передбачає управління ДПЛА при вирішенні таких завдань екологічного моніторингу:

- моніторинг атмосферного повітря;
- моніторинг водних ресурсів;
- контроль і оцінка збереження біологічного і ландшафтного різноманіття, розвиток природно-заповідного фонду та формування національної екологічної мережі;
- моніторинг земельних ресурсів та ґрунту;
- контроль і оцінка використання надр;
- контроль і оцінка поводження з відходами;
- моніторинг за станом екологічної безпеки техногенно небезпечних об'єктів і підприємств;
- моніторинг впливу промислових підприємств на навколишнє середовище;
- моніторинг впливу об'єктів сільського господарства на навколишнє середовище;
- моніторинг впливу об'єктів енергетичного комплексу на навколишнє середовище;
- моніторинг впливу транспорту на навколишнє середовище;
- виявлення і контроль за ходом ліквідації та усунення наслідків надзвичайних ситуацій (стихійні лиха, пожежі, повені та ін.)

На тренажері екологічного моніторингу одночасно можуть відпрацьовувати навички фахівці трьох напрямків [5-9].

1. Оператор траєкторного управління. Оператор управління апаратом задає курс польоту, висоту, виробляє маневри.

2. Оператор управління цільової навантаженням. У його завдання входить безпосередньо ведення розвідки за допомогою тих чи інших сенсорних

блоків (відео апаратура, інфрачервона техніка, засоби радіолокації).

3. Технік безпілотного апарату. Він готує ДПЛА до польоту і здійснює пуск і посадку (при необхідності). Підготовка всіх цих трьох категорій фахівців і ведеться в одному тренажерному комплексі. І якщо місце техніка завжди поруч з «залізом», то оператори спочатку навчаються в класах за дисплеями тренажерів. При цьому оператор траєкторного управління змінює траєкторію руху ДПЛА на електронній карті місцевості, в той час як картинку з камери в реальному часі отримує оператор управління цільової навантаженням.

Навчальна програма підготовки операторів на тренажері винна передбачати: основи управління ДПЛА; ручний і напівавтоматичний політ; ручний і автоматичний польот і посадка; польот за заданими координатами GPS; маневрування і обхід перешкод; безпечне наближення до об'єкта; аварійна посадка апарату; фото- і відеозйомки з ДПЛА; практичні заняття з інструктором.

Для вдосконалення навичок операторів ДПЛА в тренажері повинен бути реалізований курс завдань екологічного моніторингу. Інструктор повинен мати можливість імітувати в тренажері виникнення різних нештатних (аварійних) ситуацій в ході виконання учнем навчального завдання екологічного моніторингу навколишнього природного середовища та техногенне небезпечних об'єктів. Тренажер екологічного моніторингу повинен дозволяти здійснювати практичне навчання оператора ДПЛА на виконання наступних функцій:

- проведення автономного функціонального контролю бортового комплексу спеціальної апаратури для моніторингу;
- створення, редагування і введення польотної завдання в ДПЛА;
- коригування польотної завдання в ході польоту ДПЛА;
- формування команд управління польотом ДПЛА;
- формування команд управління цільової навантаженням;
- запис параметричної та видової інформації з бортового пристрою реєстрації;
- робота при виникненні аварійних ситуацій;
- аналіз зареєстрованої інформації та підготовка звіту.

На тренажері повинні імітуватися процеси управління спеціальним обладнанням: суміщені гіростабілізовані відео-, фото, ІК-камери та інше цільове навантаження. Залежно від встановленого цільового навантаження тренажерний комплекс може використовуватися для імітації виявлення надзвичайних ситуацій; контролю стану територій, на яких проходять нафто- і газопроводи; боротьби з браконьєрством; вирішення завдань земельного кадастру та картографування; контролю державного кордону, включаючи суцільні лісові масиви; моніторингу сільськогосподарських угідь; контролю ліній електропередач і стану атмосфери; зйомки відеофільмів і природних ландшафтів та ін.

Управління польотом ДПЛА на тренажері має дозволяти відпрацьовувати такі режими:

- контроль польоту в автоматичному режимі (без участі оператора відповідно до введеного польотної завдання, в тому числі і виконання посадки);
- політ в автоматизованому режимі (під управлінням та по командах оператора);
- аварійне припинення польоту і повернення ДПЛА в заданий район при недоцільності подальшого виконання завдання, в тому числі і виконання посадки.

У складі тренажера слід передбачити: автоматизоване робоче місце оператора ДПЛА (макет штатного варіанта наземного пункту управління), рис. 1; засоби документування; спеціальне обладнання.



Рис. 1. Автоматизоване робоче місце оператора ДПЛА: а – система управління; б – засоби моніторингу

Особливості роботи оператора на тренажері екологічного моніторингу. Використання ДПЛА з метою екологічного моніторингу стало одним з важливих напрямків розвитку безпілотної авіації і дозволяє автоматизувати моніторинг навколишнього середовища та техногенне небезпечних об'єктів, скоротити час отримання моніторингової інформації [10].

У зв'язку з цим актуальною є задача створення мобільних, простих в експлуатації і дешевих засобів ведення екологічного моніторингу. Проведені дослідження показують, що сам повітряний моніторинг не має альтернативи. Контроль за станом трубопроводів і інших об'єктів, завдання охорони, моніторингу та відеоспостереження найкраще вирішуються із застосуванням літальних апаратів. Окреме питання при екологічному моніторингу: коли здійснювати картографування місцевості, а коли доцільно знімати поточе відео? Картографування має сенс при веденні моніторингу з великих висот ширококутної камерою з великою матрицею; в інших випадках переважно вести відеозйомку, тим більше, що сучасні відеопрограми дозволяють працювати з отриманим зображенням покадрово.

Аналіз свідчить, що нічний моніторинг із застосуванням тепловізора або чутливої ІК-камери не отримав широкого поширення через три причини:

1. Складність нічного пілотування.
2. Високої вартості обладнання.
3. Складності дешифрування отриманої інформації, особливо в умовах високої щільності об'єктів спостереження.

Тепловізор має сенс застосовувати на спеціальних апаратах (як правило, коптерах), при моніторингу техногенне небезпечних об'єктів, об'єктів критичної інфраструктури в нічний час в обмеженому районі. Управління ДПЛА малого розміру представляє найбільш важке завдання. Наприклад, при управлінні апаратом вагою 3,5 кг оператор повинен забезпечувати проходження по маршруту з відхиленням, що не перевищує 10-15 метрів при швидкості вітру 7 м/с. При польоті по маршруту оператор повинен забезпечувати точність підтримки висоти в межах 5 метрів на малих висотах і з огибанням рельєфу.

Ще однією важливою функцією управління ДПЛА на тренажері є керування відеокамерою. У польоті стабілізація камери переднього огляду забезпечується відпрацюванням коливань ДПЛА по крену за сигналами автопілота і даними інерціальної навігаційної системою. Таким чином картинка відео зображення виявляється стабільною, незважаючи на коливання ДПЛА по крену. У завданнях аерофотозйомки (наприклад, при складанні аерофотоплана передбачуваного району проведення робіт) точна інформація про кути орієнтації, координатах і висоті ДПЛА абсолютно необхідна для корекції аерофотознімків, автоматизації зшивання кадрів. Перенесення основного обсягу навчання льотної складу на тренажері приводе до того, що питання сертифікації авіаційних тренажерів придбали першорядне значення. При цьому обсяг випробувань, які необхідно здійснити, і обсяг інформації, яку необхідно отримати і обробити, настільки великий, що без автоматизації процесу випробувань обійтися практично неможливо. Необхідною умовою для проведення подібних автоматизованих випробувань є розробка і застосування методик оцінки і корекції параметрів польоту в авіаційних тренажерах. Оцінка характеристик тренажера не обмежується тільки сертифікаційними випробуваннями, а повинна проводитися періодично і під час експлуатації тренажера з метою підтвердження відповідності його характеристик необхідним.

Критерії оцінки тренажера. Сьогодні існують такі критерії оцінки тренажера ДПЛА: - критерії, за якими здійснюється об'єктивна (кількісна) оцінка відмінностей між характеристиками реального ДПЛА і тренажера без участі льотчиків; - критерії, за якими здійснюється суб'єктивна (якісна) оцінка відмінностей між ДПЛА і тренажером. Дотримання кількісних допусків на точність моделювання є необхідною умовою сертифікації тренажера по одному з рівнів.

Для побудови та отримання характеристик моделі динаміки польоту літака в авіаційних тренажерах слід використовувати рівняння динаміки польоту. Дані рівняння складаються з рівнянь динаміки руху центру мас в проекціях на осі зв'язаної системи координат, рівнянь руху відносно центру мас в проекціях на осі зв'язаної системи координат, а також ряду кінематичних рівнянь і рівнянь проекцій сил і моментів, що діють на літак. Перенесення центру ваги навчання на тренажері вимагає суворого підходу до атестації цих засобів. Необхідність розробки таких методик і застосування їх для оцінки характеристик тренажера обумовлені наступним:

1. Оцінка характеристик тренажера не є разовою і не обмежується тільки сертифікаційними випробуваннями, а повинна проводитися періодично і під час експлуатації тренажера з метою підтвердження відповідності його характеристик необхідним.

2. Принциповим при випробуваннях є питання точного введення керуючих впливів. При управлінні літальним апаратом підбір даних керуючих впливів вимагає великих витрат часу і пов'язаний зі значними методичними похибками.

3. Скорочення термінів розробки тренажерів також вимагає перенесення більшості випробувань на комп'ютерні засоби.

4. Обсяг льотної оцінки, за допомогою якої здійснюється комплексна оцінка тренажера, може бути істотно знижений, якщо їй будуть передувати автоматизовані випробування на основі методів об'єктивної оцінки окремих імітаторів і систем тренажера.

Модульність тренажера екологічного моніторингу. Розробка тренажерів, як правило, здійснюється виходячи з його модульності. Концепція модульності передбачає можливість об'єднання, поділу та модифікації окремих системних елементів без їх впливу на систему в цілому [5-9].

При модульній архітектурі системні модулі можуть створюватися незалежно один від одного і об'єднуватися в блоки для отримання необхідних результатів. Полегшується їх реконструкція і модернізація при зміні вимог до них без істотного впливу на інші модулі (наприклад, при зміні обладнання для екологічного моніторингу можна обмежитися відповідними змінами в модулі «спеціальне обладнання» тренажера). Однак зусилля по модульній побудові систем не досягнуть мети без чіткого визначення взаємозв'язків між модулями, вимог для розробки та впровадження модулів, а також елементів інтерфейсу (дозволяють введення нових технологій з урахуванням поглядів їх творців, а також експлуатуючих організацій). Необхідна реалістичність моделювання вимагає досить швидкої реакції на вхідні впливи, що викликає великі навантаження на обчислювальну систему з виконання всіх операцій в реальному масштабі часу. Модульний підхід накладає додаткові обмеження, пов'язані з приведенням даних в сумісну форму, на систему в цілому. Обчислення можуть розподілятися між різними процесорами. При цьому повинна існувати можливість створення нових необхідних модулів на основі єдиного підходу для забезпечення сумісності модулів один з одним. Модулі та інтерфейс можуть розглядатися з функціональної точки зору (логічний рівень) або як набір апаратних і програмних модулів (фізичний рівень). Передача інформації може інтерпретуватися як ряд повідомлень між функціональними модулями, тому на логічному рівні розглядається зміст повідомлень, визначаються передають і приймають модулі, а також умови, при яких здійснюється передача повідомлень. На цьому ж рівні визначаються питання точності та об'єкти моделювання.

Модульний принцип побудови тренажера дозволяє модернізувати різні підсистеми, наприклад модулі візуалізації без зміни логічної структури тренажера. Форми фізичного зв'язку можуть бути різні-

ми. Вибір універсального фізичного зв'язку є однією з основних задач розробника тренажера. Вирішення питання про взаємодію модулів по суті є рішенням задачі передачі даних від модуля до модуля. Для їх зв'язку необхідна схема сполучення. Якщо прийомачій та передавальній елементи системи знаходяться в різних фізичних модулях, то інформація може передаватися через локальні мережі. Якщо елементи розташовані в тісно взаємодіючих фізичних модулях (наприклад, две ЕОМ однієї системи), то повідомлення можуть передаватися через пристрої зовнішньої пам'яті або високошвидкісну мережу передачі даних. Якщо обидва логічних модуля знаходяться всередині однієї фізичної підсистеми, то інформація може передаватися через операційну систему. При цьому у всіх випадках повідомлення повинні бути однаковими за обсяги, формату та умов передачі. Найбільші зусилля витрачаються на забезпечення мобільності програмного забезпечення. При цьому очевидна необхідність мови для обслуговування систем тренажера.

Модуль імітатора динаміки польоту. У модулі відтворюється рух літака в просторі (рішення замкнутої системи нелінійних диференціальних рівнянь; вхідні параметри - дії оператора ДПЛА, вихідні - параметри польоту). У модулі моделюються: зліт і набір висоти; політ за маршрутом, зниження та заходження на посадку; відхід на друге коло (з використанням засобів комплексу пілотажно-навігаційного обладнання); екстрене зниження; політ по колу, захід на посадку і посадка; політ при небезпечних зовнішніх впливах. У модулі повинні враховуватися: температура повітря і атмосферний тиск; висота (рівень місцевості) аеродрому; горизонтальна складова швидкості вітру; зрушення і пориви вітру (вертикальний і горизонтальний); режими роботи спеціальної апаратури і силової установки; становище керуючих поверхонь. Модуль імітатора візуальної обстановки. Модуль призначений для імітації рельєфу місцевості, візуалізація об'єктів моніторингу (навколишнього природного середовища, техногенної Небезпечна об'єктів). Візуалізація повинна бути реалізована в тривимірній (просторової) моделі. Сама модель повинна відповідати реальним об'єктам і реальної місцевості. Таку модель можливо реалізувати на основі аерокосмічних знімків та ГІС-технологій.

Модуль імітатора системи управління. Функціональний модуль призначається для управління польотом на тренажері і надання оператору ДПЛА навичок по використанню системи управління, видачі інформації у взаємодіючі системи та забезпечує: розрахункове визначення положення рульових поверхонь (органів управління) параметрів польоту і параметрів, які формуються імітатором обчислювальної системи управління польотом; автоматичне обмеження граничних режимів польоту, а також попередження оператора ДПЛА про вихід за межі основних експлуатаційних режимів польоту; імітацію характерних відмов. У модулі забезпечується імітація роботи каналів управління (при наявності стабілізатори, керма висоти, елерони, інтерцептори, кермо напрямку). У модулі імітуються ймовірні відмови реальної системи управління літака.

Модуль імітатора силової установки. Модуль забезпечує відтворення роботи: маршових двигунів, системи автоматичного регулювання. Імітація здійснюється на основі математичного моделювання характеристик силової установки в обчислювачі тренажера.

Проблеми сертифікації тренажера екологічного моніторингу. Сертифікація тренажера ДПЛА повинна підтвердити відповідність виробів вимогам стандартів і що виробник в змозі стабільно забезпечувати заявлене ним якість в реальних умовах свого виробництва. Сьогодні вітчизняні вимоги найбільш слабо представлені до моделювання візуальної обстановки і до величинам запізнювання пропонованої інформації. Адаптація міжнародних стандартів до оцінки тренажера екологічного моніторингу дозволить створювати навчальні системи і засоби, конкурентоспроможні на світовому ринку авіаційних тренажерів.

Програма сертифікації тренажера екологічного моніторингу повинна складатися з методологічної та організаційної частин. Методологічна частина сертифікації тренажера екологічного моніторингу повинна включати в себе розробку:

1. Методів оцінки відповідності характеристик тренажера, його систем, імітаторів обладнання об'єктивним вимогам норм придатності при проведенні лабораторних, стендових, автономних і комплексних сертифікаційних випробувань.

2. Методів оцінки відповідності вимогам до придатності кабіни тренажера, імітаторів динаміки польоту, акустичних шумів, системи візуалізації.

3. Методів та засобів забезпечення об'єктивних випробувань і експертних оцінок, орієнтовні умови виконання залікових режимів.

4. Методики обробки результатів випробувань і заходів щодо забезпечення їх безпеки.

5. Положення про сертифікацію.

6. Норм придатності тренажера екологічного моніторингу.

7. Сертифікаційних вимог і методів оцінки відповідності систем тренажера умов функціонування: злітно-посадкових коштів, силової установки, навігаційних систем і літакових систем.

8. Типових програм випробувань.

9. Стандартизованих банків вихідних даних і результатів сертифікаційних випробувань.

10. Структури лабораторно-дослідницької бази.

11. Єдиної програми льотного експерименту.

12. Тактико-технічних вимог до імітатора тренажера.

Апаратна частина системи сертифікації повинна бути оснащена лабораторно-випробувальним обладнанням з набором автоматизованих програм збору, обробки, зберігання, формування експертних оцінок та документування інформації про результати випробувань.

Висновки

Пропонується створювати спеціалізовані тренажери екологічного моніторингу з використанням дистанційно пілотованих літальних апаратів. Створювати тренажери екологічного моніторингу слід за аналогією з авіаційними тренажерами. Особливу увагу слід при-

ділити системі візуалізації реальної обстановки (модель місцевості і об'єкти моніторингу) і роботі з бортовим обладнанням для моніторингу. В роботі розглянуті питання функціонального призначення тренажера екологічного моніторингу (області застосування). Сформульовано особливості роботи оператора на тре-

нажері екологічного моніторингу та критерії оцінки тренажера.

Пропонується здійснювати побудову тренажера екологічного моніторингу за модульним принципом. Обґрунтовано необхідність сертифікації тренажера екологічного моніторингу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. <http://tekhnosfera.com/metodiki-otsenki-i-korreksii-parametrov-poleta-v-aviatsionnyh-trenazherah#ixzz53lkKByK>
2. <http://www.dissercat.com/content/metodika-formirovaniya-upravlyayushchikh-otsenki-letno-tekhnicheskix-ixzz53lktV9KR>
3. <http://www.dissercat.com/content/razrabotka-integrirovannykh-sredstv-mashinogo-obucheniya-ixzz53lmmuFoX>
4. www.indelauav.com/news.html
5. Боднер В.А. Авиационные тренажеры / В.А. Боднер, Р.А. Закиров, И.И. Смирнова – М.: Машиностроение, 1978. – 192 с.
6. Авиационные тренажеры / А.А. Красовский и др. – М.: ВВИА им. Проф. Н.Е. Жуковского, 1992. – 320 с.
7. Красовский А.А. Пилотажно-навигационные и комплексные тренажеры / А.А. Красовский, А.В. Кудиненко – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1984. – 204 с.
8. Красовский А.А. Основы теории авиационных тренажеров / А.А. Красовский – М.: Машиностроение, 1995. – 304 с.
9. Красовский А.А. Пилотажно-навигационные и комплексные тренажеры / А.А. Красовский. – М.: ВВИА, 1998. – 320 с.
10. Мамаев В.Я. Болевые точки тренажеростроения и возможные пути их устранения / В.Я. Мамаев // Мир авионики. – 2003. – № 1. – С. 38-39.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О. В. Барабаш,
Державний університет телекомунікацій, Київ

Received (Надійшла) 6.02.2018

Accepted for publication (Прийнята до друку) 18.04.2018

**Обоснование направлений разработки тренажеров подготовки операторов
дистанционно-пилотируемых летательных аппаратов экологического мониторинга**

О. А. Машков, Ю. В. Мамчур

В статье рассматриваются вопросы построения тренажеров дистанционно-пилотируемых летательных аппаратов экологического мониторинга. Обосновывается необходимость создания специализированных тренажеров экологического мониторинга окружающей среды и техногенно опасных объектов. Рассматривается функциональное назначение специализированного тренажера экологического мониторинга. Раскрываются особенности работы оператора на тренажере экологического мониторинга при управлении полетом дистанционно пилотируемого летательного аппарата. Предложены критерии оценки специализированного тренажера экологического мониторинга. Обосновывается модульность конструктивного построения тренажера экологического мониторинга. Сформулированы проблемы сертификации специализированного тренажера при решении различных задач экологического мониторинга. Показывается, что сертификация тренажера дистанционно пилотируемого летательного аппарата должна подтвердить соответствие тренажера требованиям стандартов, при этом изготовитель должен обеспечивать заявленное им качество в реальных условиях своего производства. Опыт международного сотрудничества при производстве и использовании тренажеров показывает необходимость разработки единых требований к сертификации тренажеров. Сегодня необходима разработка новых требований к визуализации на тренажере мониторинговой обстановки и к величинам запаздывания информации при управлении бортовым специализированным оборудованием. Адаптация международных стандартов к оценке тренажера экологического мониторинга позволит создавать обучающие системы и средства, конкурентоспособные на мировом рынке авиационных тренажеров. Программа сертификации тренажера экологического мониторинга должна состоять из методологической и организационной частей.

Ключевые слова: дистанционно пилотируемый летательный аппарат, имитатор визуальной обстановки, имитатор динамики полета, окружающая среда, оператор, модуль, тренажер, экологический мониторинг, техногенно опасный объект.

**The substantiation of development directions of operators preparation simulators
for remote-pilot aircraft equipment for ecological monitoring**

O. Mashkov, Yu. Mamchour

The questions of construction of simulators of remotely piloted aircrafts of ecological monitoring are considered. The necessity of creating specialized simulators of environmental monitoring of environment and technologically dangerous objects is substantiated. The functional purpose of the specialized simulator of ecological monitoring is considered. The peculiarities of the operator's work on the simulator of environmental monitoring in the flight control of a remotely piloted aircraft are disclosed. The criteria for assessing the specialized simulator of environmental monitoring are proposed. The modularity of the constructive construction of the simulator of environmental monitoring is substantiated. The problems of certification of a specialized simulator for solving various problems of environmental monitoring are formulated. It is shown that the certification of the simulator of a remotely piloted aircraft must confirm the conformity of the simulator to the standards, while the manufacturer must ensure the quality declared by him in the actual conditions of his production. The experience of international cooperation in the manufacture and use of simulators shows the need to develop uniform requirements for the certification of simulators. Today, it is necessary to develop new visualization requirements on the simulator of the monitoring situation and to the lag of information when controlling the on-board specialized equipment. Adaptation of international standards to the assessment of environmental monitoring simulator will allow creating training systems and facilities that are competitive in the world market of aviation simulators. The certification program for the environmental monitoring simulator should consist of a methodological and organizational part.

Keywords: remotely piloted aircraft, visual environment simulator, flight dynamics simulator, environment, operator, module, simulator, environmental monitoring, technologically dangerous object.