Є.А. Дружинін, М.І. Ковалевський, О.К. Погудіна, В.О. Черановський

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського “Харківський авіаційний інститут”, Харків

МЕТОДИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВПРОВАДЖЕННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ В ПОВІТРЯНИЙ ПРОСТІР УКРАЇНИ

У цій статті розглянуто проблему створення єдиної системи для управління трафіком безпілотних авіаційних систем (UTM). Було розглянуто класифікацію БПЛА за розміром, призначенням та іншими критеріями. Описані задачі, котрі можуть вирішувати сучасні БПЛА цивільного призначення. Наведено огляд екосистеми U-space, яка є європейською ініціативою UTM в цивільному повітряному просторі, та описано основні фази інтеграції цієї системи в повітряний простір. Розглянуто й проаналізовано нормативно-правову базу України щодо впровадження БПЛА в повітряний простір.

Ключові слова: безпілотні літальні апарати, класифікація, повітряний простір, управління трафіком безпілотних авіаційних систем, U-space.

Вступ

Постановка проблеми. Наразі безпілотна авіація активно розвивається та інтегрується до авіаційної системи загалом. Розроблення та використання безпілотних авіаційних систем проводиться в наш час майже в усіх країнах світу. Порядок експлуатації безпілотних літальних апаратів (БПЛА) визначається метою польоту, правилами польотів, районами польотів й іншими функціональними характеристиками. Одним з головних правил виконання польотів для будь-якої авіаційної техніки (як пілотованої, так і безпілотної) є обов'язкове проведення передпольотної підготовки, включаючи перевірку засобів зв'язку і функцій управління, обробку необхідної інформації, а також отримання, за потребою, відповідних дозволів від органів управління повітряним рухом.

Міжнародна організація цивільної авіації ICAO (International Civil Aviation Organization) визначає основні вимоги до організації та використання БПЛА [1]. У документації ICAO описано, що масове виробництво і застосування БПЛА дешевше і простіше, ніж використання пілотованих ЛА, а також те, що деякі типи БПЛА здатні вирішувати завдання, недоступні літальним апаратам, що пілотуються. Хоча в українській авіаційній нормативно-правовій базі правила використання БПЛА описані недостатньо. В деяких документах це відображено лише терміном. Тому основною проблемою є створення єдиної системи для управління трафіком БПЛА та її інтеграція у вже існуючі правила.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розвиток БПЛА розпочався ще у XIX ст. БПЛА – це пристрої, які здатні рухатись в повітрі самостійно. Спочатку, БПЛА мали військове призначення [2],

оскільки перші прототипи БПЛА було створено та застосовано ще під час Першої світової війни. Проте зараз вони ефективно застосовуються як у військових цілях, так і в цивільних. Зокрема, вони використовуються в сільському господарстві, пошуково-рятувальних операціях та при боротьбі з наслідками надзвичайних ситуацій, для створення карт, проєктувальних робіт, гасіння пожеж, аерофотозйомки, організації шоу та ін. [3–6].

Американський експерт, Джон Уорден вважає, що до 2025 року близько 90% літаків будуть безпілотними, і тільки 10% – пілотованими, а пілоти будуть “золотим запасом” для найбільш важливих і важких завдань [7]. Це ж стосується і цивільних БПЛА у зв'язку з їх розвитком. Також це пов'язано з низкою важливих переваг. Відсутність екіпажу на борту усуває ризик його смерті. За рахунок своїх розмірів БПЛА можуть виконувати маневри, що недоступні пілотованій техніці. Довготривалі польоти за відсутності екіпажу усувають можливий фактор втоми.

Мета статті. Таким чином, метою роботи є проведення класифікації БПЛА, що на сьогоднішній день застосовуються у світі та проаналізувати методології впровадження БПЛА у контрольований повітряний простір.

Виклад основного матеріалу

Класифікація БПЛА та сфери їх застосування

На сьогоднішній день існує безліч БПЛА, які відрізняються своїми розмірами, зовнішнім виглядом, дальністю польоту і виконуваними функціями. Крім того, БПЛА можна розділити за способом управління. Вони бувають:

- керовані оператором по каналах управління;
- керовані автоматично;
- з комбінованою системою керування.

За своїм розміром, котрий обумовлює більшість інших характеристик, БПЛА умовно діляться на:

- мініатюрні;
- надмалі;
- малі;
- середні;
- великі.

Апарати, які входять в групи мініатюрні та надмалі, здатні перебувати в повітрі не більше однієї години, малі – від трьох до п'яти годин, а середні – до п'ятнадцяти годин. Якщо говорити про великі БПЛА, то найдосконаліші з них вже можуть знаходитися в небі більше доби і здійснювати міжконтинентальні перельоти.

За аеродинамічною схемою БПЛА бувають:

- літакового й вертолітного типу;
- мультикоптерного типу.

Кожен з них вирішує своє коло завдань:

– БПЛА літакового й вертолітного типу застосовуються переважно для створення ортофотопланів територій, цифрових моделей місцевості, моніторингу протяжних об'єктів. Основні переваги: висока крейсерська швидкість, значна дальність польоту і автономність;

– БПЛА мультикоптерного типу (оснащені гвинтами) застосовуються в основному для перспективної зйомки, моніторингу невеликих територій або обстеження складних конструкцій (наприклад опор моста, в тому числі й під дорожнім полотном) і лідарної зйомки (лазерного сканування). Основні переваги: малі розміри, зліт і запуск з будь-яких майданчиків, можливість зависання над об'єктом обстеження, збільшене корисне навантаження.

БПЛА також розділяють на дві групи, виходячи з їх призначення, а саме:

- військові;
- цивільні.

Військові БПЛА мають широке застосування, саме тому більш ніж півсотні країн світу мають їх в своєму озброєнні. Виконувати ними функції численні й різноманітні:

– перш за все, це розвідка та позначення цілей. Спеціальне лазерне обладнання дозволяє підсвічувати цілі, щоб в подальшому з максимальною точністю атакувати ракетами з лазерним наведенням. Ефективність такої розвідки очевидна. БПЛА можуть рухатися в небезпечних зонах, досить довго перебуваючи в повітрі та підзаряджаючись від сонця;

– можуть бути озброєні ракетами і використовуватися в ударних цілях;

– виконувати транспортну функцію, перекидаючи вантажі в потрібні райони;

– здатні перехоплювати інформацію від радіолокаційних станцій і передавати її на землю;

– можуть використовуватися для патрулювання кордонів і берегових ліній.

Що ж стосується цивільних БПЛА, то вони знайшли застосування в різних сферах та наразі використовуються при:

– геодезичних роботах (картографія, створення 3D-моделей об'єктів і рельєфу);

– патрулюванні безпеки (при пошуково-рятувальних операціях в лісі, водоймах, у важкодоступній місцевості);

– надзвичайних ситуаціях (пожежі, інші катастрофи, в процесі яких БПЛА допомагають виявляти осередки небезпеки і надають допомогу по їх усуненню);

– повсякденному моніторингу різних служб (наприклад, контроль за станом лісу, густотою рослинності, поширенням шкідників).

Більш узагальнена класифікація БПЛА представлена на рис. 1.

Як відомо, аерозйомка доволі добре зарекомендувала себе як ефективний інструмент для виконання дослідницьких робіт у геодезії та проведення різноманітних моніторингів. З появою комерційної аерокосмічної зйомки сформувався ринок даних геоінформатики. Сучасні інформаційні технології надають користувачам могутній інструмент візуалізації, аналізу та обробки геопросторових даних. Географічні інформаційні системи (ГІС) активно використовуються для ухвалення рішень у складних будівельних і сільськогосподарських проектах з використання природних ресурсів.

Заповнення ГІС необхідної інформацією та актуалізація цих даних, найчастіше відбувається через дані космічної та аерозйомки. Проте, така зйомка має деякі обмеження, котрі зумовлені неможливістю проводити зйомку будь-де та будь-коли за певних погодних умов.

Також, БПЛА є більш мобільними й оперативними пристроями, ніж космічні, для зйомки та моніторингу об'єктів, які мають довгу протяжність, наприклад, автомобільні дороги, лінії електропередачі, кордони (сухопутні й морські), магістральні трубопроводи та ін.

Для більшості сучасних БПЛА можна спланувати траєкторію його польоту так, щоб він прямував уздовж заданого об'єкту. Головною характеристикою БПЛА є те, що вони здатні рухатися в повітрі самостійно та автоматично виконувати свої завдання. Ще однією перевагою БПЛА є те, що інформація з нього бути достатньо швидко отримана й передана для подальшої обробки. Для задач повітряного моніторингу можуть використовуватися цілі групи БПЛА задля уточнення та актуалізації інформації.

Рис. 1. Класифікація БПЛА

Джерело: [8, С. 41].

Методи інтеграції БПЛА в цивільний повітряний простір

Міжнародне співробітництво та координація з питань регулювання БПЛА є одним із стратегічних напрямків розвитку застосування безпілотної авіації. В різних регіонах та країнах чисельні організації залучені до розробки нормативної бази цієї інноваційної галузі.

За останні кілька років спостерігається чітка тенденція до використання безпілотних авіаційних систем (БАС) для багатьох комерційних і цивільних застосувань. Існують як довготривалі прогнози [9], згідно з якими до 2050 року в повітряному просторі літатимуть до 400 000 БПЛА із загальною ринковою вартістю 10 мільярдів євро на рік до 2035 року, так і короткотривалі [10], згідно з якими обсяг ринку БПЛА збільшиться до 43,1 мільярдів доларів до 2024 року.

Інтеграція БПЛА в цивільний повітряний простір, мабуть, є однією з найбільш революційних подій для управління повітряним рухом (Air Traffic Management, ATM) з початку його впровадження. Хоча ATM традиційно базувався на голосовому зв'язку через орган управління повітряним рухом (Air Traffic Control, ATC), його обмежене робоче навантаження та комунікаційні можливості перетворюють цей централізований ресурс на вузьке місце для масштабованості системи. Таким чином, роз-

виток операцій БАС викликає потребу в новій парадигмі управління повітряним простором, де цифровий зв'язок відіграватиме ключову роль, а обов'язки будуть розподілені між різними зацікавленими сторонами замість одного центрального суб'єкта.

Вже є певні ініціативи щодо інтеграції БАС у цивільний повітряний простір та виконання їх експлуатаційних вимог [11]. Національне управління з авіації США (FAA) створило концепцію управління трафіком БПЛА (UTM) [12], щоб забезпечити безпечні широкомасштабні операції з БАС у повітряному просторі на малих висотах [13]. В той же час Європа розширила цю концепцію UTM, запропонувавши екосистему U-space [14]. Спільне підприємство SESAR, яке є державно-приватним партнерством, що підтримується та фінансується Європейським Союзом, Європейською організацією з безпеки авіації (Eurocontrol) та низкою галузевих партнерів, визначило план U-space. Огляд екосистеми U-space, нещодавно запропонований Європейським агентством з безпеки авіації (EASA) [15], зображено на рис. 2. Ідея полягає в тому, щоб мати платформу постачальника послуг U-space, яка є сервером, працюючим у хмарі, як основний компонент екосистеми. Так, система UTM складається з архітектури програмного забезпечення, яка надає послуги U-space різним суб'єктам екосистеми U-space. Для

цього використовує в якості моста U-space Service Manager (USM), який є специфічним модулем цієї системи UTM. Система UTM пропонує послуги U-space різним акторам і працює на віддаленому сервері під назвою U-space Service Provider Platform.

Рис. 2. Огляд екосистеми U-space, запропонований EASA
Джерело: [15].

Оскільки ЄС має намір не просто створити нову сучасну екосистему, а ще й інтегрувати її у вже існуючі процеси, то SESAR було запропоновано фази інтеграції БАС:

1) U1 “U-space” базові послуги – надають електронну реєстрацію, електронну ідентифікацію та геоzoneування;

2) U2 “U-space” початкові послуги – забезпечують управління операціями БАС та можуть складатися з передпольотного планування, дозволу на виконання польоту, спостереження, динамічних даних про повітряний простір, а також процедурних інтерфейсів сполучення;

3) U3 “U-space” розширені послуги підтримують більш комплексні операції в щільних областях і можуть охоплювати управління пропускнуою здатністю та допомогу для виявлення конфліктів. Насправді наявність автоматизованого функціоналу “виявлення та запобігання” (Sense & Avoid, S&A) на додаток до надійних засобів зв'язку призведе до значного збільшення операцій у середовищі;

4) U4 “U-space” повний набір послуг, зокрема послуги, що вимагають інтерфейсів, що взаємодіють з пілотованою авіацією. Цей набір послуг підтримує повну працездатність “U-space” і ґрунтуватиметься на дуже високому рівні автоматизації, зв'язності та використанні цифрових технологій як для БАС, так і для системи “U-space”.

Загалом концепція UTM є доволі масштабною та включає в себе такі основні етапи управління безпілотним трафіком:

1) технології управління рухом БПЛА при виконанні операцій по моніторингу сільськогосподарства, пожежогасіння та моніторингу інфраструктури;

2) технології динамічної корекції доступності повітряного простору та управління непередбаченими обставинами;

3) технології визначення безпечного розташування між приватними БПЛА в помірно населених районах;

4) технології роботи БПЛА в міських районах з більш високою щільністю для таких задач, як збір інформації та доставка пакетів.

Ще одним завданням, яке потрібно буде вирішити в рамках UTM – це оцінка пропускнуої здатності, тобто скільки БПЛА можна безпечно розмістити з можливістю успішного управління в заданому повітряному просторі, оскільки впливають на це наступні параметри:

– фактори, що обмежують можливості повітряного простору, наприклад, виникнення нерозв'язних конфліктів (якщо їх ймовірність висока, то визначення заходів з їх управління);

– надмірний шум БПЛА;

– втручання в зв'язок БПЛА оператором (з урахуванням вимог кібербезпеки, так як протоколи шифрування вимагають більшої пропускнуої здатності).

Спираючись на розвиток нормативної бази й міжнародного співробітництва щодо виготовлення та використання БПЛА, можна зробити висновок, що цей напрямок є актуальним й для України, оскільки понад 200 підприємств займаються розробкою БПЛА й мають певний досвід виробництва та експлуатації безпілотних літальних апаратів, та навіть їх експортування закордон.

Більшість БПЛА, вироблених в Україні – це невеликі БПЛА, переважна більшість з яких літаково-го типу, які мають відносно невеликі розміри та різне призначення. Найбільш відомі з них:

1) Сокіл-2 – розвідувальний апарат. Запускається як ракета з контейнера, що встановлюється на бронетехніку;

2) Стрелет-С – багатоцільовий апарат. Виконує завдання в складних метеоумовах практично без участі людини;

3) М-7 “Небесний патруль” – двомоторний апарат дистанційного керування. Призначений для картографії, аерофотозйомки та відеоспостереження;

4) М-6 “Жайвір” – апарат дистанційного керування. Призначений для біозахисту рослин, картографії, відеоспостереження;

5) А-3 “Ремез” – автоматичний апарат малого розміру. Придатний до потайливого розгортання без використання транспортних засобів;

6) А-4К “Альбатрос” – автоматичний апарат з парашутною системою посадки. Призначений для повітряної розвідки та відеоспостереження;

7) А-11 “Стриж” – тактичний розвідувальний реактивний апарат. Може використовуватися як повітряна мішень;

8) А-2 “Синиця” – малорозмірний апарат. Призначений для забезпечення дій польових частин в ланці взвод-рота, розвідки та моніторингу;

9) А-5 “Орлан” – апарат, призначений для повітряної розвідки. Адаптований для умов високогір’я та великих водних просторів;

10) А-12 “Ураган” (потенційна розробка) – апарат вертикального зльоту. Призначений для антитерористичних операцій у місті, розвідки та патрулювання.

На основі аналізу національного законодавства, що регулює застосування БПЛА, можна зробити висновок про те, що для їх використання передбачено три складових частини: реєстрацію, сертифікацію, а також проходження процедури отримання дозволу на здійснення ними польотів [17–21]. Проте, в державному реєстрі цивільних повітряних суден України не підлягають реєстрації безпілотні повітряні судна, максимальна злітна вага яких не перевищує 20 кілограмів і які використовуються для розваг та спортивної діяльності. Тобто, згідно Наказу Державної авіаційної служби України та Міністерства оборони України від 11 травня 2018 року № 430/210, пункту 4, польоти безпілотних ПС масою до 20 кг включно виконуються без подання заявок на ВПП, без отримання дозволів на ВПП, без інформування органів управління Повітряних Сил ЗС України та органів ОЦВС, органів Державної прикордонної служби України, органів ОНР та відомчих органів УНР, за умови дотримання таких вимог:

1) польоти виконуються без перетинання державного кордону України;

2) польоти виконуються поза межами встановлених заборон та обмежень ВПП, крім випадків, установлених Положенням про ВПП;

3) польоти виконуються не ближче 5 км від зовнішніх меж злітно-посадкових смуг аеродромів або не ближче 3 км від зовнішніх меж злітно-посадкової смуги ЗПМ/вертодромів, крім випадків узгодження з експлуатантом аеродрому/ЗПМ/вертодрому;

4) польоти виконуються не ближче 500 м від пілотованих ПС;

5) польоти не виконуються над скупченням людей на відкритому просторі та над місцями щільної забудови;

– об’єктами (зонами), які визначені Міністерством оборони України, Міністерством інфраструктури України, Міністерством внутрішніх справ України, Державною прикордонною службою України, Службою безпеки України, Національною поліцією України, Національною гвардією України, Державною фіскальною службою України, Службою зовнішньої розвідки України, Управлінням державної охорони України, іншими військовими формуваннями та правоохоронними структурами, утвореними відповідно до законів України, та відносно яких здійснюється охорона / державна охорона (за умови позначення території навколо цих об’єктів інформаційними знаками про заборону польотів

безпілотних ПС та/або шляхом оприлюднення меж такої заборони), крім випадків виконання польотів за дозволом зазначених вище повноважних органів;

6) польоти виконуються в межах прямої видимості (VLOS);

7) максимальна висота польоту не вище:

– 120 м над рівнем земної (водної) поверхні поза межами СТР, АФІЗ, АТСА, АТСЗ, спеціально встановлених зон, зарезервованого повітряного простору для забезпечення польотів за спеціально встановленими маршрутами польотів державної авіації;

– 50 м над рівнем земної (водної) поверхні в межах СТР, АФІЗ, АТСА, АТСЗ, спеціально встановлених зон, зарезервованого повітряного простору для забезпечення польотів за спеціально встановленими маршрутами польотів державної авіації або якщо інформація про фактичний статус елементів структури повітряного простору на час виконання польоту відсутня;

– 50 м над статичними перешкодами на горизонтальній відстані не більше 100 м від таких перешкод, як відхилення від зазначених вище обмежень по висоті, на запит власника такого об’єкту;

8) швидкість польоту безпілотного ПС складає не більше 160 км/год.

В інших випадках польоти безпілотного ПС масою до 20 кг включно та усі без винятку польоти безпілотного ПС масою більше 20 кг виконуються у межах спеціально встановлених зон та маршрутів з дотриманням вимог щодо подання заявок на ВПП, отримання дозволів та умов ВПП, інформування органів управління Повітряних Сил Збройних Сил України, органів Державної прикордонної служби України, органів ОЦВС, органів ОНР/УНР.

Висновки

Отже, провівши класифікацію БПЛА, що на сьогоднішній день застосовуються у світі, та проаналізувавши методології впровадження БПЛА у контрольований повітряний простір можна помітити, що доволі детально описано об’єкти (зони) та повітряний простір, які заборонено використовувати під час польотів, проте немає чіткого тлумачення термінів “скупчення людей” та “щільна забудова”, й їхніх характеристик при виконанні польотів БПЛА.

Також фактором, який уповільнює застосування БПЛА в Україні є заборонений контроль повітряного простору фізичними особами. Окрім встановлення офіційних спеціальних систем відстеження БПЛА, які, наприклад, в квітні 2020 року компанія Drone.UA встановила на території київського хеліпорту KyivChallenge, є ще так звані “глушилки”, котрі є забороненим засобом фільтрування сигналу.

Також, аналіз методологій щодо створення єдиної системи управління БПЛА й впровадження їх у контрольований повітряний простір дозволяє при-

йти до висновку про необхідність подальшої інтеграції та гармонізації авіаційного законодавства і стандартів, як в європейському регіоні, так і у світі в цілому. З точки зору розвитку українського ринку

БПЛА, особливо важливим вбачається розробка національної нормативно-правової бази в галузі застосування БПЛА, яка повинна спиратися на сучасні міжнародні норми та стандарти.

Список літератури

1. Бондарєв Д. І., Алексєєв О. М. Перспективи розвитку безпілотного та муніципального авіаційного транспорту в Україні. *Системи обробки інформації*. 2016. № 6. С. 9-10.
2. Харченко В. П., Прусов Д. Е. Аналіз застосування безпілотних авіаційних систем у цивільній сфері. *Вісник Національного авіаційного університету*. 2012. № 1. С. 118-130.
3. Юн Г. М., Мединський Д. В. Застосування безпілотних літальних апаратів у сільському господарстві. *Наукоємні технології*. 2017. № 4(36). С. 335-341. <https://doi.org/10.18372/2310-5461.36.12232>.
4. Лещенко Г. А., Мандрик Я. С., Стратонов В. М., Давидов С. А. Способи застосування безпілотних літальних апаратів під час авіаційного пошуку і рятування. *Наукоємні технології*. 2021. № 3(51). С. 271-280. <https://doi.org/10.18372/2310-5461.51.15998>.
5. Глотов В., Гуніна А. Аналіз можливостей застосування безпілотних літальних апаратів для аерознімальних процесів. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2014. № 2. С. 65-70.
6. Вовк А., Глотов В., Гуніна А., Маліцький А., Третяк К., Церклевич А. Аналіз результатів для створення ортофотопланів та цифрових моделей рельєфу з застосуванням БПЛА TRIMBLE UX-5. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2015. № 81. С. 90-103.
7. Методологія ситуаційного колективного управління пілотованими і безпілотними літальними апаратами в єдиному повітряному просторі: в 3 томах. Інтегровані корпоративні моделі для колективного управління пілотованими і БПЛА в єдиному повітряному просторі в умовах ризику і невизначеності / Харченко В. П. та ін. / за ред. В. П. Харченко. Київ : НАУ, 2017. Т. 2. 120 с.
8. Pyvovar M., Pogudina O., Kritskiy D. Visualization of the Flight of Unmanned Aerial Vehicles according to the "Master – Slave" Model. *Central European Researchers Journal*. 2021. Vol. 7. No. 2. P. 40-45.
9. Single European Sky ATM Research (SESAR) Joint Undertaking. European drones outlook study: unlocking the value for Europe. *Publications Office* : web site. URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2829/219851> (accessed: 20.10.2021).
10. Drone Market Size Forecast 2019-2024. *Drone Industry Insights* : web site. URL: <https://droneii.com/project/drone-market-size-and-forecast-2019-2024> (accessed: 20.10.2021).
11. Peinecke N., Kuenz A. Deconflicting the urban drone airspace. *36th Digital Avionics Systems Conference (DASC)* : conference paper. IEEE/AIAA, St. Petersburg, Florida, 17-21 Sept. 2017, P. 1-6. <https://doi.org/10.1109/DASC.2017.8102048>.
12. Kopardekar P. Unmanned Aerial System (UAS) Traffic Management (UTM): Enabling Civilian Low-Altitude Airspace and Unmanned Aerial System Operations. Technical Report. *Nasa* : web site. URL: <https://ntrs.nasa.gov/citations/20150010978> (accessed: 20.10.2021).
13. Kopardekar P., Rios J., Prevot T., Johnson M., Jung J., Robinson J.E. Unmanned Aircraft System Traffic Management (UTM) Concept of Operations. *16th Aviation Technology, Integration, and Operations Conference* : conference paper. AIAA, 2016. <https://doi.org/10.2514/6.2016-3292>.
14. Single European Sky ATM Research (SESAR) Joint Undertaking. U-space: blueprint. *Publications Office*, 2017. *Europa* : web site. URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2829/614891> (accessed: 20.10.2021).
15. European Aviation Safety Agency (EASA). High-Level Regulatory Framework for the U-Space. Technical Report 18. EASA: Cologne, Germany, 2020.
16. Методологія ситуаційного колективного управління пілотованими і безпілотними літальними апаратами в єдиному повітряному просторі. Методичне забезпечення тренажерної підготовки операторів інтегрованої системи управління пілотованими і безпілотними літальними апаратами / Харченко В. П. та ін. / за ред. В. П. Харченко. Київ : НАУ, 2017. Том 1. 120 с.
17. Повітряний кодекс України : Закон України від 19.05.2011 р. № 3393-VI. *Відомості Верховної Ради України*. 2011. № 48-49. Ст. 536.
18. Про затвердження Правил виконання польотів безпілотними авіаційними комплексами державної авіації України : Наказ Міністерства оборони України від 08.12.2016 р. № 661. *Офіційний вісник України*. 2017. 14 лют. № 13. С. 86. Ст. 378.
19. Правила реєстрації державних повітряних суден України та Правила сертифікації екземпляра державного повітряного судна України : Наказ Міністерства оборони України від 07.02.2012 р. № 63. *Офіційний вісник України*. 2012. 30 бер. № 22. С. 257. Ст. 852.
20. Про затвердження Положення про використання повітряного простору України : Постанова Кабінету Міністрів України від 29.03.2002 р. № 401. *Офіційний вісник України*. 2002. 19 квіт. № 14. С. 85. Ст. 727.
21. Про затвердження Авіаційних правил України, Частина 21 "Сертифікація повітряних суден, пов'язаних з ними виробів, компонентів та обладнання, а також організацій розробника та виробника" АПУ-21 (Part-21) : Наказ Міністерства інфраструктури України від 17.01.2014 р. № 27. *Офіційний вісник України*. 2014. № 17. С. 29. Ст. 522.

Надійшла до редколегії 27.10.2021

Схвалена до друку 14.12.2021

Відомості про авторів:**Дружинін Євгеній Анатолійович**

доктор технічних наук професор
професор кафедри Національного аерокосмічного
університету ім. М. Є. Жуковського
“Харківський авіаційний інститут”,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-3121-4178>

Ковалевський Михайло Ігоревич

магістр
асистент Національного аерокосмічного
університету ім. М. Є. Жуковського
“Харківський авіаційний інститут”,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-8311-2304>

Погудіна Ольга Костянтинівна

кандидат технічних наук доцент
завідувач кафедри Національного аерокосмічного
університету ім. М. Є. Жуковського
“Харківський авіаційний інститут”,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5689-2552>

Черановський Валерій Олександрович

кандидат технічних наук
директор НДІ ПФМ ХАІ Національного аерокосмічного
університету ім. М. Є. Жуковського
“Харківський авіаційний інститут”,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-2829-8297>

Information about the authors:**Evgeniy Druzhinin**

Doctor of Engineering Science Professor
Professor of Department
of National Aerospace University
Kharkiv Aviation Institute,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-3121-4178>

Mykhailo Kovalevskiy

Master
Assistant Lecturer
of National Aerospace
University Kharkiv Aviation Institute,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-8311-2304>

Olha Pohudina

PhD in Engineering Associate Professor
Head of Department
of National Aerospace
University Kharkiv Aviation Institute,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5689-2552>

Valeriy Cheranovskiy

PhD in Engineering
Director of Scientific Research Institute “Problems
of Physical Modeling” of KhAI National Aerospace
University Kharkiv Aviation Institute,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-2829-8297>

МЕТОДИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВПРОВАДЖЕННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ В ПОВІТРЯНИЙ ПРОСТІР УКРАЇНИ

Е.А. Дружинин, М.И. Ковалевский, О.К. Погудина, В.О. Черановский

В этой статье рассмотрена проблема создания единой системы для управления трафиком беспилотных авиационных систем (UTM). Была рассмотрена классификация БПЛА по размеру, назначению и другим критериям. Описаны задачи, которые могут решить современные БПЛА гражданского назначения. Представлен обзор экосистемы U-space, являющейся европейской инициативой UTM в гражданском воздушном пространстве, и описаны основные фазы интеграции этой системы в воздушное пространство. Рассмотрена и проанализирована нормативно-правовая база Украины по внедрению БПЛА в воздушное пространство.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты (БПЛА), классификация БПЛА, воздушное пространство, управление трафиком беспилотных авиационных систем (UTM), U-space.

METHODS AND INFORMATION TECHNOLOGIES OF IMPLEMENTATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES INTO THE AIRSPACE OF UKRAINE

E. Druzhinin, M. Kovalevskiy, O. Pohudina, V. Cheranovskiy

The article describes a software architecture for Unmanned aerial system Traffic Management (UTM). The classification of UAVs by size, purpose and other criteria was considered. This paper describes the tasks that can solve modern civilian UAVs and their application area: agriculture, search and rescue operations and dealing with the consequences of emergencies, maps creation, design works, firefighting, aerial photography, organizing shows and more. It is determined what is UTM, its purpose system architecture and basic structural elements. It is mentioned that the FAA, NASA, other federal partner agencies, and industry are collaborating to explore concepts of operation, data exchange requirements, and a supporting framework to enable multiple beyond visual line-of-sight UAV operations at low altitudes (under 400 feet above ground level (AGL)) in airspace where FAA air traffic services are not provided. The paper is also concerned with the integration of UAVs into civil airspace. It is spoken in detail about main stages of unmanned traffic management, namely: 1) UAV traffic control technologies when performing monitoring operations; 2) technologies for dynamic correction of airspace availability and management; 3) technologies for determining the safe distance between private UAVs in populated areas; 4) technology of UAV operation in urban areas with higher density. It is also noted what is bandwidth assessment and which impact factors should be taken into attention in order to provide safe and successful airspace management. The article also describes U-space ecosystem, a European UTM initiative in civil airspace, and the four main phases of UAS integration into airspace proposed by SESAR. The normative-legal base of Ukraine on the implementation of UAVs into the airspace is considered and analyzed. It is concluded that much has already been done to safely introduce UAVs into the airspace, but the regulatory framework, as well as the whole ecosystem, still needs further development.

Keywords: unmanned aerial vehicles (UAVs), UAV classification, airspace, unmanned aerial systems traffic management (UTM), U-space.