

О. М. Перегуда, А. В. Родіонов, С. П. Самойлик

ПІДХІД ДО ПІДВИЩЕННЯ ЖИВУЧОСТІ БЕЗПЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТА І КЛАСУ В ОСОБЛИВИХ ВИПАДКАХ У ПОЛЬОТІ

У статті запропоновано підхід до підвищення живучості безпілотних літальних апаратів І класу в особливих випадках у польоті, який передбачає розроблення бортової інформаційної системи ідентифікації особливих випадків у польоті та синтезу керуючого впливу на літальний апарат за умови виникнення небезпечних факторів. У результаті аналізу основних тенденцій розвитку бортових систем управління безпілотними літальними апаратами виявлено, що провідними країнами світу приділяється значна увага до підвищення рівня їх інтелектуалізації. Це необхідно для забезпечення виконання складних завдань, які покладаються на сучасні безпілотні літальні апарати у військовій та цивільній сферах. Основними напрямками таких досліджень є виявлення проблематики групового застосування безпілотних літальних апаратів та розширення можливостей бортових систем управління щодо здійснення автоматичного підтримання значень певних параметрів за зміни умов виконання польоту. Для підвищення живучості безпілотного літального апарата І класу наведено обрис бортової інформаційної системи ідентифікації особливих випадків у польоті та синтезу керуючого впливу, описано функціональне призначення її складових. До складу цієї системи запропоновано включити підсистему ідентифікації особливих випадків у польоті і визначення рівня загрози безпілотному літальному апарату та підсистему синтезу керуючого впливу. Зазначено необхідність деталізації особливих випадків у польоті, визначених керівними документами у сфері діяльності державної авіації України, для безпілотних літальних апаратів І класу та запропоновано підхід до їх класифікації. Наведено бачення найближчих часткових наукових завдань та перелік очікуваних наукових результатів досліджень за даним напрямком.

Ключові слова: *безпілотний літальний апарат; бортова інформаційна система; небезпечні фактори; особливі випадки у польоті.*

Постановка проблеми в загальному вигляді. Досвід проведення антитерористичної операції на тимчасово окупованих територіях Луганської та Донецької областей та операції Об'єднаних сил (ООС) свідчить про застосування Збройними Силами України та іншими військовими формуваннями безпілотних авіаційних комплексів (БпАК) для виконання широкого спектра бойових та спеціальних завдань. Водночас створювані противником радіоперешкоди засобам радіозв'язку значно ускладнюють управління безпілотним літальним апаратом (БпЛА) І класу та виконання ним бойових завдань, несуть загрозу втрати літального апарата в цілому. У зв'язку з цим важливого значення набувають питання безпеки власних БпЛА в умовах радіоелектронної протидії (РЕП) з боку противника, адже для забезпечення їх застосування необхідне використання одного або кількох радіоканалів та приймання сигналів супутникових навігаційних систем (СНС), а саме їх приймальна апаратура є вразливою до РЕП. Крім цього, значного впливу на

© О. М. Перегуда, А. В. Родіонов, С. П. Самойлик, 2020

політ БпЛА завдають метеорологічні умови, імовірними є також і відмови складових авіоніки. Ситуації, які виникають внаслідок впливу небезпечних факторів, відносять до особливих випадків у польоті (ОВП) [1]. Кожен із них характеризується певними параметрами (які вимагають подальшого детального аналізу), відтак їх можливо нейтралізувати за рахунок використання бортової інформаційної системи ідентифікації особливих випадків у польоті та синтезу керуючого впливу для підвищення живучості БпЛА, а також завдяки збільшенню ймовірності виконання цільової задачі. Прикладами ОВП, які можуть призвести до зриву виконання завдання або взагалі до втрати БпЛА, є РЕП (відмова) приймача супутникової навігаційної системи або обмерзання приймача повітряного тиску, які відбуваються за неможливості керування БпЛА людиною-оператором. Тому наукове завдання з розроблення бортової інформаційної системи з ідентифікації та нейтралізації ОВП є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Протягом останніх років спостерігається зростання світового ринку БпЛА: відбувається збільшення обсягів виробництва, покращення їх тактико-технічних характеристик, розроблення та впровадження новітніх технологій [2, 3]. Різні за аеродинамічною схемою побудови, призначенням, характеристиками БпЛА широко застосовуються як у військовій справі, так і в цивільній сфері, причому перелік завдань, покладених на них, постійно розширюється. Спостерігається тенденція до проведення провідними країнами світу наукових досліджень та випробувань перспективних розробок, спрямованих на групове застосування, розширення можливостей автоматичного керування (у тому числі з впровадженням елементів штучного інтелекту) БпЛА під час виконання специфічних завдань [4–6].

Груповому застосуванню БпЛА присвячено низку наукових праць як оглядового [7–9], так і дослідницького характеру, у яких розглядається конкретна проблематика в цій сфері [10, 11].

Серед підходів до розширення можливостей автоматичного керування з використанням елементів штучного інтелекту основними напрямками є: удосконалення автоматичного управління на певних етапах польоту [12, 13]; розроблення теоретичних основ машинного зору [14, 15]; дослідження у сфері сенсорних мереж та мереж зв'язку [16, 17]; навігація БпЛА з використанням візуальних орієнтирів та додаткових засобів [18, 19]; уникнення зіткнення БпЛА з перешкодами [20, 21]; моделювання в спеціалізованих програмних середовищах процесів, пов'язаних з БпЛА та управлінням ними [14, 15]. Концептуально питання інтелектуалізації систем управління БпЛА розглянуто в [22].

Значущим є факт систематичного проведення в РФ, починаючи з 2016 року, у м. Коломна на базі 924 Державного центру безпілотної авіації Міністерства оборони щорічної науково-практичної конференції "Перспективи розвитку і застосування комплексів із БпЛА". На даному заході серед інших обговорюються також питання щодо інтелектуалізації БпЛА, причому матеріали конференцій від 2018 року й дотепер у відкритих джерелах відсутні. Цікавим також є проведення з 2014 року семінару "Безпілотні транспортні засоби з елементами штучного інтелекту", під час якого основними є питання інтелектуалізації.

Результати проаналізованих наукових робіт реалізувати практично на наявних польотних контролерах неможливо, тому розширення переліку виконуваних функцій та забезпечення безпеки польотів у повітряному просторі вимагають ускладнення бортової апаратури.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що в наукових працях відсутній комплексний підхід до аналізу поточного стану та умов польоту БпЛА для ідентифікації впливу небезпечних факторів і синтезу відповідного алгоритму (стратегії) управління.

Формулювання завдання дослідження. Метою статті є сформулювати обрис перспективної бортової інформаційної системи ідентифікації ОВП та синтезу керуючого впливу для підвищення живучості БпЛА I класу.

Виклад основного матеріалу. Наведений в [1] узагальнений перелік ситуацій, які належать до ОВП, не в повній мірі відображає особливості застосування, побудови та керування таких повітряних суден, як БпЛА I класу, тому для досягнення цілей роботи потребує адаптації, а саме: конкретизації (відповідно до визначення ОВП) ситуацій, характерних для БпЛА I класу; визначення причин їх виникнення – одного або комбінацій кількох небезпечних факторів; аналізу можливих наслідків.

Крім цього, для проведення детального аналізу параметрів польоту, які потребують контролю необхідна класифікація ОВП та їх комбінацій. Тому пропонуємо ОВП класифікувати за джерелом небезпечних факторів відносно БпЛА на зовнішні та внутрішні, а за походженням (своєю природою) – на природні та техногенні.

Внутрішні ОВП, спричинені внутрішніми небезпечними факторами, пов'язані з надійністю роботи бортових систем, у першу чергу польотного контролера та аеродинамічних органів управління. Їх ідентифікація потребує оцінювання стану БпЛА як технічної системи.

Зовнішні природні ОВП пов'язані з метеорологічними умовами виконання польотів та їх мінливістю: збільшенням швидкості вітру та зміною його напрямку, обмерзанням аеродинамічних органів управління та приймача повітряного тиску. Їх виявлення потребує контролю значень та аналізу змін метеорологічних елементів з відповідних датчиків та / або інших параметрів польоту, які з ними пов'язані, а також проведення на борту БпЛА елементів штурманських розрахунків. Водночас такі ОВП виникають відповідно до загальних законів авіаційної метеорології, їх вплив та можливі наслідки можна прорахувати.

Зовнішні техногенні фактори для БпЛА, які застосовуються у військовій сфері, носять навмисний характер, тому є найбільш небезпечними. Виходячи з аналізу бойового досвіду та реалій застосування БпЛА підрозділами Збройних Сил (ЗС) України в ООС, слід зауважити, що РЕП спрямована на унеможливлення керування зовнішнім пілотом (оператором), перешкоджання точному визначенню місцезнаходження БпЛА шляхом встановлення завад чи спотворення сигналів СНС (так званий "спуфінг").

Проблематика застосування БпЛА в умовах РЕП є дуже актуальною: у багатьох відкритих джерелах повідомляється про розробку в провідних країнах світу як військових, так і комерційних апаратних засобів постановки радіоперешкод, призначених саме для протидії БпЛА в рамках заходів забезпечення безпеки об'єктів критичної інфраструктури, населення, виконання інших завдань. У [23] наведено досить детальний опис комплексу "Шиповник Аэро" та станції радіоелектронної боротьби "Красуха-4" із акцентуванням можливості даних засобів протидіяти саме БпЛА.

Можливість подавлення сигналів СНС, зокрема застосування перешкод, які повторюють структуру супутникового навігаційного повідомлення, досліджувалася в працях [15, 24, 25].

Також імовірним є виникнення небезпечних для БПЛА I класу факторів унаслідок помилки зовнішнього пілота (оператора), але питання визначення умов та критерію для втручання бортової системи в дії людини потребує додаткових наукових досліджень.

Польотні контролери БПЛА I класу, наявні в ЗС України, мають обмежені можливості щодо управління польотом в особливих випадках. Вони лише забезпечують повернення БПЛА до точки старту за відсутності зв'язку з пунктом дистанційного пілотування (ПДП) в одному або кількох радіоканалах управління (залежно від налаштувань) або в разі зниження напруги бортової акумуляторної батареї (для БПЛА, оснащених електричним двигуном) до певного значення, запрограмованого виробником. При цьому можливе зниження безпілотної з робочої висоти. Якщо після повернення в район запуску зв'язок БПЛА з ПДП не відновлено і керування зовнішнім пілотом (оператором) неможливе, то апарат здійснює некеровану посадку після виснаження бортової батареї. Водночас літальний апарат зі складу БпАК Fly Eye (WB Electronics, Республіка Польща) виконує більш складний алгоритм для відновлення зв'язку, а саме: повертається в останню точку, у якій спостерігався зв'язок; перебуває в ній визначений період часу; збільшує поточну висоту польоту на 100 метрів і після повторного очікування повертається в район запуску.

Літальний апарат зі складу БпАК Orbiter 2b (Aeronautics, Держава Ізраїль) навіть без керування людиною оцінює напрямок та швидкість вітру в районі точки посадки та здійснює маневри з урахуванням поточних значень метеоумов.

Виникнення деяких ОВП або їх певних комбінацій за відсутності в людини-оператора можливості здійснювати керування через подавлення каналів управління може спричинити втрату БПЛА на території противника, що призводить до викриття факту ведення повітряної розвідки, невиконання бойових завдань, зниження рівня укомплектованості та боєготовності підрозділу БпАК, завдає збитків державі, створює для противника інформаційний прецедент та зменшує мотивацію зовнішніх пілотів (операторів) до подальшого якісного виконання своїх обов'язків.

Під підвищенням живучості будемо розуміти виявлення умов, за яких керування БПЛА зовнішнім пілотом (оператором) не можливе, а спроможностей польотного контролера недостатньо для уникнення втрати або пошкодження БПЛА та здійснення функцій автоматичного управління для продовження виконання цільового завдання та збереження авіаційної техніки, що пропонується реалізувати шляхом створення відповідної системи.

Автори вбачають два основні шляхи підвищення рівня інтелектуалізації вітчизняних БПЛА. Один з них – розробка польотного контролера із заздалегідь передбаченими інтелектуальними функціями та відповідним програмним забезпеченням. Перевагами цього способу є можливість на початкових етапах розробки закласти в польотний контролер результати багатьох наукових напрацювань, що забезпечить якісно новий рівень ефективності виконання завдань БПЛА. Його недоліком є необхідність виконання великого обсягу робіт та, відповідно, значна тривалість і висока вартість їх виконання. Більш доцільним є спосіб розробки "надбудови" над польотним контролером як додаткового елемента авіоніки, на який будуть покладені завдання щодо реалізації додаткових функцій, не притаманних базовим польотним контролерам. Можливості такої реалізації сприяє той факт, що вітчизняні БПЛА I класу підрозділів ЗС України побудовані на базі одного сімейства вільно доступних польотних контролерів.

На рис. 1 запропоновано обрис перспективної бортової інформаційної системи ідентифікації ОВП та синтезу керуючого впливу для підвищення живучості БпЛА I класу.

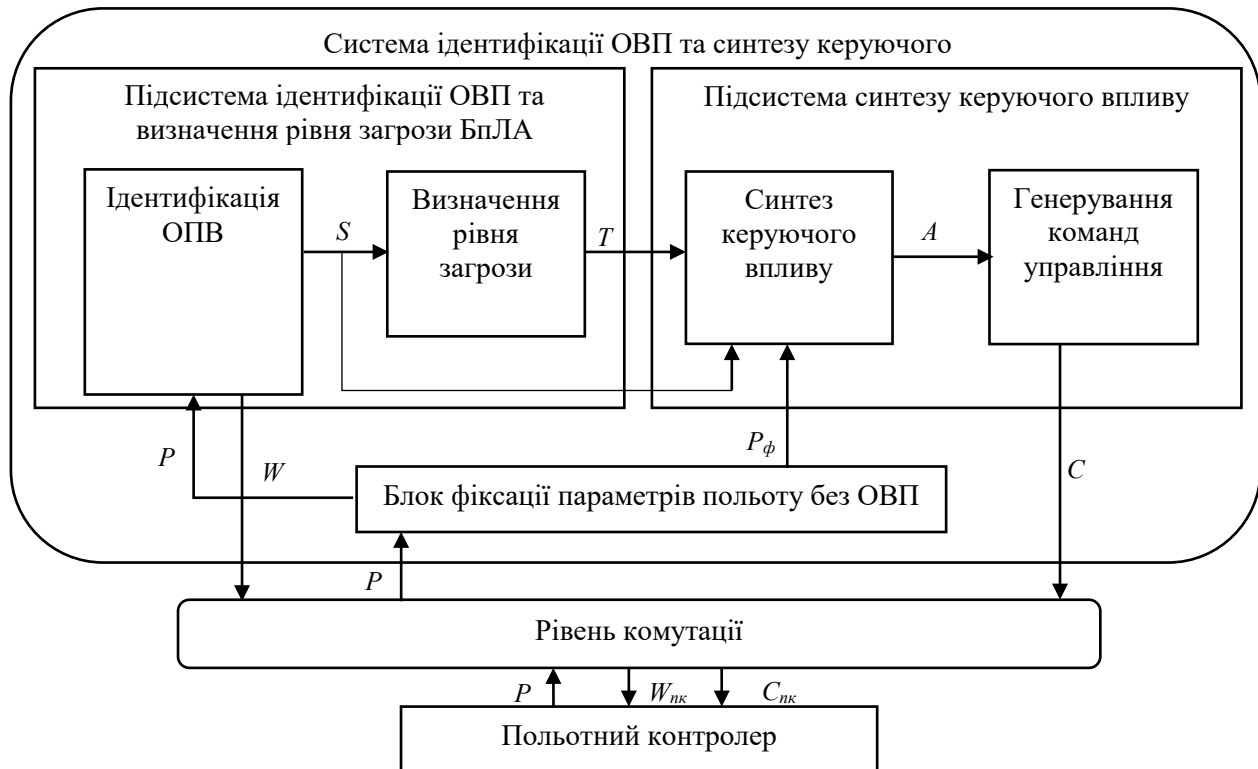


Рис. 1. Функціональна структура перспективної бортової інформаційної системи ідентифікації ОВП та синтезу керуючого впливу

Рівень комутації забезпечує інтерфейс між польотним контролером та елементами бортової інформаційної системи для передачі визначених параметрів P , які підлягають контролю, а також для передачі на польотний контролер повідомлень для зовнішнього пілота (оператора) $W_{нк}$, згенерованих команд $C_{нк}$ відповідно до результатів синтезу керуючого впливу. Повідомлення $W_{нк}$ передаються на пункт дистанційного пілотування для сповіщення членів зовнішнього екіпажу. Відповідно до згенерованих команд $C_{нк}$ польотний контролер здійснює управління аеродинамічними органами управління для виконання маневрів БпЛА.

У складі зазначеної системи передбачається:

блок фіксації параметрів польоту без ОВП, призначений для запам'ятовування (кешування) поточних параметрів польоту до настання особливих умов. Зафіксовані значення передаються в блок синтезу керуючого впливу для інформації про останню надійну "точку відліку";

підсистема ідентифікації ОВП та визначення рівня загрози БпЛА, що здійснює аналіз змін контрольованих параметрів P , формування сигналу S (залежно від характеру ОВП) для визначення рівня загрози БпЛА (позначимо рівень загрози T) відповідно до закладених у неї алгоритмів. У випадку виявлення ОВП підсистема також генерує повідомлення W , яке на рівні комутації перетворюється в необхідний для польотного контролера формат $W_{нк}$ і передається на ПДП бортовими засобами зв'язку БпЛА;

підсистема синтезу керуючого впливу, яка, отримуючи сигнали про характер ОВП (S), рівень загрози БпЛА (T) та параметри польоту до настання ОВП (P_ϕ), здійснює синтез

керуючого впливу A , який є алгоритмом управління, та відповідно до нього генерування набору команд управління. Ці команди через рівень комутації перетворюються в необхідний для польотного контролера формат $C_{нк}$.

Найближчими частковими науковими завданнями автори розглядають:

визначення повного переліку характерних БпЛА I класу ОВП, які підлягають ідентифікації; встановлення параметрів польоту, значення або зміни яких характеризують кожний ОВП;

аналіз підходів до розпізнавання поточного стану технічних систем, вибір науково-методичного апарату, придатного до використання, з урахуванням специфіки БпЛА та описаного завдання;

аналіз підходів та вибір науково-методичного апарату для синтезу керуючого впливу з урахуванням поточного стану БпЛА.

Передбачуваними науковими результатами є: метод ідентифікації особливих випадків у польоті БпЛА I класу; метод синтезу керуючого впливу на БпЛА I класу в ОВП; сукупність алгоритмів з описом їх логіки та способом формування результатів розв'язання завдань щодо управління БпЛА I класу в ОВП.

Висновки. Одним із шляхів підвищення живучості БпЛА I класу з урахуванням умов їх застосування за досвідом бойових дій є розроблення перспективної бортової інформаційної системи ідентифікації ОВП та синтезу керуючого впливу, обрис якої запропоновано в статті. Очікуваним результатом впровадження запропонованої системи є зменшення кількості втрачених БпЛА I класу внаслідок впливу небезпечних факторів різної природи, зокрема й від впливу засобів радіоелектронної боротьби противника.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила польотів державної авіації в повітряному просторі України : наказ Міністерства оборони України від 09.12.2015 № 700. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1622-15> (дата звернення: 13.11.2020).
2. Commercial Drones Market Statistics 2022: Major Factors that can Increase the Global Demand URL: <https://apnews.com/press-release/wired-release/80ff63e46e1fc2bcec43cf76af/2960eb> (last accessed: 12.12.2020).
3. Commercial Drones Market by Type (Fixed wing drones, Rotary bade drones, Hybrid drones segment), Application (Agriculture and Environment, Media and Entertainment, Energy, Government, Construction & Archaeology) – Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2014–2022. URL: <https://www.alliedmarketresearch.com/commercial-drone-market> (last accessed: 15.12.2020).
4. Chinese helicopter drones capable of intelligent swarm attacks. URL: http://eng.chinamil.com.cn/view/2019-05/10/content_9500318.htm (last accessed: 15.11.2020).
5. OFFensive Swarm-Enabled Tactics (OFFSET). URL: <https://www.darpa.mil/program/offensive-swarm-enabled-tactics> (last accessed: 15.11.2020).
6. Department of Defense Announces Successful Micro-Drone Demonstration. URL: <https://www.defense.gov/Newsroom/Releases/Release/Article/1044811/department-of-defense-announces-successful-micro-drone-demonstration> (last accessed: 10.12.2020).
7. Мартинюк О. Р., Мурашов Р. К. Огляд концепцій групового застосування безпілотних літальних апаратів // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. 2013. № 2. С. 90–92.

8. Основні тенденції створення та застосування груп безпілотних літальних апаратів / Лупандін В. А., Мегельбей Г. В., Мацько О. Й. та ін. // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. 2019. № 2. С. 88–96.
9. Перспективи та особливості групового використання безпілотних літальних апаратів / Бондар С. О., Кожохіна О. В., Боровик В. О. та ін. // Управляющие системы и машины. 2018. № 5. С. 25–37.
10. Пулеко І. В. Проблеми управління угрупованням малих безпілотних літальних апаратів з позицій теорії робототехнічних систем // Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем : зб. наук. праць. Житомир : ЖВІ ДУТ, 2015. Вип. 11. С. 106–114.
11. Бондарев Д. І., Кучеров Д. П., Шмельова Т. Ф. Оптимізація структури групового польоту безпілотних літальних апаратів // Зб. наук. праць Харків. ун-ту Повітряних Сил. 2016. № 3 (48). С. 61–66.
12. Burnashev V. V. Automatic steering algorithms of the airplane short-cut touchdown // Інформаційні системи, механіка та керування. Київ : “ЕКМО”, 2010. Вип. 5. С. 136–144.
13. Intelligent Control for Unmanned Aerial Systems with System Uncertainties and Disturbances Using Artificial Neural Network. URL: <https://www.mdpi.com/2504-446X/2/3/30/htm> (last accessed: 10.12.2020).
14. Второй Всероссийский научно-практический семинар «Беспилотные транспортные средства с элементами искусственного интеллекта (БТС-ИИ-2015)» : Труды семинара (9 октября 2015 г.). Санкт-Петербург : «Политехника-сервис», 2015. 140 с.
15. Перспективы развития и применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами : Сб. докладов и статей по материалам науч.-практич. конф. Коломна : 924 ГЦ БПА МО РФ, 2016. 278 с.
16. Кучерявый А. Е., Владыко А. Г., Киричек Р. В. Теоретические и практические направления исследований в области летающих сенсорных сетей // Электросвязь. 2015. № 7. С. 9–11.
17. Воротніков В. В., Гуменюк І. В. Метод планування польотних операцій безпілотних літальних апаратів для забезпечення зв'язаності вузлів безпроводної мережі // Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем : зб. наук. праць. Житомир : ЖВІ, 2017. Вип. 14. С. 62–68.
18. Застосування бортових радіопеленгаційних засобів у навігаційних системах малих безпілотних літальних апаратів / Шпилька О. О., Мирончук О. Ю., Ткач А. О. та ін. // Військово-технічний збірник. 2016. № 15. С. 48–53.
19. How Microsoft Uses Transfer Learning to Train Autonomous Drones. URL: <https://medium.com/swlh/how-microsoft-uses-transfer-learning-to-train-autonomous-drones-f5cd745f6e26> (last accessed: 24.12.2020).
20. Learning Visuomotor Policies for Aerial Navigation Using Cross-Modal Representations. URL: <https://arxiv.org/abs/1909.06993> (last accessed: 11.12.2020).
21. Obstacle Detection and Avoidance System Based on Monocular Camera and Size Expansion Algorithm for UAVs. URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/17/5/1061/htm> (last accessed: 11.12.2020). <https://doi.org/10.3390/s17051061>
22. Гриценко В. І., Волков О. Є., Комар М. М., Богачук Ю. П. Інтелектуалізація сучасних систем автоматичного керування безпілотними літальними апаратами // Кибернетика и вычислительная техника. 2018. № 1. С. 45–59.
23. Ясечко М. Н., Очкуренко А. В., Ковальчук А. А., Максютя Д. В. Современные радиотехнические средства борьбы с беспилотными летательными аппаратами в зоне

- проведення АТО // Зб. наук. праць Харків. ун-ту Повітряних Сил. 2015. Вип. 3. С. 54–57.
24. Герасименко К. В. Моделі навмисних перешкод сигналам супутникових радіонавігаційних систем // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. 2015. № 4. С. 79–81.
25. Кащеев А. А., Кошелев В. И. Оценка эффективности подавления сигналов спутниковых радионавигационных систем преднамеренными помехами // Журнал радиоэлектроники. 2012. № 7. С. 1–12.

Подано 24.12.2020

REFERENCES

1. Pravyla polotiv derzhavnoi aviatsii v povitrianomu prostori Ukrainy : nakaz Ministerstva oborony Ukrainy vid 09.12.2015 № 700 [Rules of state aviation flights in the airspace of Ukraine: Ministry of Defence of Ukraine order from 09.12.2015 № 700.]. (2015). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1622-15> [in Ukrainian].
2. Commercial Drones Market Statistics 2022: Major Factors that can Increase the Global Demand. (n.d.). Retrieved from <https://apnews.com/press-release/wired-release/80ff63e46e1fc2bcec43cf76af/2960eb>.
3. Commercial Drones Market by Type (Fixed wing drones, Rotary bade drones, Hybrid drones segment), Application (Agriculture and Environment, Media and Entertainment, Energy, Government, Construction & Archaeology) – Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2014–2022. (n.d.). Retrieved from <https://www.alliedmarketresearch.com/commercial-drone-market>.
4. Chinese helicopter drones capable of intelligent swarm attacks. (n.d.). Retrieved from http://eng.chinamil.com.cn/view/2019-05/10/content_9500318.htm.
5. OFFensive Swarm-Enabled Tactics (OFFSET). (n.d.). Retrieved from <https://www.darpa.mil/program/offensive-swarm-enabled-tactics>.
6. Department of Defense Announces Successful Micro-Drone Demonstration. (n.d.). Retrieved from <https://www.defense.gov/Newsroom/Releases/Release/Article/1044811/department-of-defense-announces-successful-micro-drone-demonstration>.
7. Martyniuk, O. R., & Murasov, R. K. (2013). Ohliad kontseptsii hrupovoho zastosuvannia bezpilotnykh litalnykh aparativ [Review of concepts of unmanned aerial vehicles group application]. *Suchasni informatsiini tekhnologii u sferi bezpeky ta oborony [Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence]*, 2, 90–92 [in Ukrainian].
8. Lupandin, V. A., Mehelbei, H. V., Matsko, O. Y., Kurtseitov, T. L., & Mironenko, P. O. (2019). Osnovni tendentsii stvorennia ta zastosuvannia hrup bezpilotnykh litalnykh aparativ [Major trends of the development and application of a unmanned aerial vehicle groups]. *Nauka i tekhnika Povitrianykh Syl Zbroinykh Syl Ukrainy [Science and Technology of the Air Force of Ukraine]*, 2, 88–96 [in Ukrainian].
9. Bondar, S. O., Kozhokhina, O. V., Borovyk, V. O., Linder, Ya. M., & Korshunov, M. V. (2018). Perspektyvy ta osoblyvosti hrupovoho vykorystannia bezpilotnykh litalnykh aparativ [Groups of unmanned aerial vehicles usage perspectives and peculiarities]. *Upravliaiushchye systemy y mashyny [Control systems and computers]*, 5, 25–37 [in Ukrainian].
10. Puleko, I. V. (2015). Problemy upravlinnia uhrupovanniam malykh bezpilotnykh litalnykh aparativ z pozytsii teorii robototekhnichnykh system [Problems of group control by small unmanned aerial vehicles on theory robotic systems]. *Problemy stvorennia, vyprobuvannia, zastosuvannia ta ekspluatatsii skladnykh informatsiinykh system : zb. nauk. prats [Problems of*

construction, testing, application and operation of complex information systems. *Scientific journal of Korolov Zhytomyr Military Institute*, 11, 106–114. Zhytomyr: ZhMI DUT [in Ukrainian].

11. Bondariev, D. I., Kucherov, D. P., & Shmelova, T. F. (2016). Optyimizatsiia struktury hrupovoho polotu bezpilotnykh litalnykh aparativ [Modelling of group flights of unmanned aerial vehicles using graph theory]. *Zb. nauk. prats Kharkiv. un-tu Povitrianykh Syl [Scientific works of Kharkiv National Air Force University]*, 3 (48), 61–66 [in Ukrainian].

12. Burnashev, V. V. (2010). Automatic steering algorithms of the airplane short-cut touchdown. *Informatsiini systemy, mekhanika ta keruvannia [Information systems, mechanics and control]*, 5, 136–144. Kyiv: “EKMO”.

13. Intelligent Control for Unmanned Aerial Systems with System Uncertainties and Disturbances Using Artificial Neural Network. (n.d.). Retrieved from <https://www.mdpi.com/2504-446X/2/3/30/htm>.

14. *Vtoroi Vserossyiskyi nauchno-praktycheskyi semyar «Bespylotnye transportnye sredstva s elementamy yskusstvennogo yntellekta (BTS-YY-2015)» [Second All-Russian Scientific and Practical Seminar "Unmanned Vehicles with Elements of Artificial Intelligence"]*. (October 9, 2015). Saint Petersburg [in Russian].

15. *Perspektyvy razvytyia y prymeneniia kompleksov s bespylotnymi letatelnyimi apparatami : Sb. dokladov y statei po materyalam nauch.-praktych. konf. [Perspectives for the development and application of complexes with unmanned aerial vehicles: Collection of thesis and articles on the materials of the scientific-practical conference]*. (2016). Kolomna [in Russian].

16. Kucheriavyi, A. E., Vladyko, A. H., & Kyrychek, R. V. (2015). Teoretycheskye y praktycheskye napravleniia yssledovaniy v oblasti letaiushchykh sensorykh setei [Theoretical and practical ways of researches in the sphere of flying sensor networks]. *Elektrosviaz [Telecommunication]*, 7, 9–11 [in Russian].

17. Vorotnikov, V. V., & Humeniuk, I. V. (2017). Metod planuvannia polotnykh operatsii bezpilotnykh litalnykh aparativ dlia zabezpechennia zv'iazanosti vuzliv bezprovodnoi merezhi [Unmanned aerial vehicles flight operations planning method to ensure connectivity of wireless network nodes]. *Problemy stvorennia, vyprobuvannia, zastosuvannia ta ekspluatatsii skladnykh informatsiinykh system: zb. nauk. prats [Problems of construction, testing, application and operation of complex information systems. Scientific journal of Korolov Zhytomyr Military Institute]*, 14, 62–68. Zhytomyr: ZhMI [in Ukrainian].

18. Shpylka, O. O., Myronchuk, O. Yu., & Tkach, A. O., et al. (2016). Zastosuvannia bortovykh radiopelenhatsiinykh zasobiv u navihatsiinykh systemakh malykh bezpilotnykh litalnykh aparativ [The application of the on-board devices radio direction-finding in the navigation systems of drones]. *Viiskovo-tekhnichnyi zbirnyk [Military Technical Collection]*, 15, 48–53 [in Ukrainian].

19. How Microsoft Uses Transfer Learning to Train Autonomous Drones. (n.d.). Retrieved from <https://medium.com/swlh/how-microsoft-uses-transfer-learning-to-train-autonomous-drones-/f5cd745f6e26>.

20. Learning Visuomotor Policies for Aerial Navigation Using Cross-Modal Representations. (n.d.). Retrieved from <https://arxiv.org/abs/1909.06993>.

21. Obstacle Detection and Avoidance System Based on Monocular Camera and Size Expansion Algorithm for UAVs. (n.d.). Retrieved from <https://www.mdpi.com/1424-8220/17/5/1061/htm>. <https://doi.org/10.3390/s17051061>

22. Hrytsenko, V. I., Volkov, O. Ye., Komar, M. M., & Bohachuk, Yu. P. (2018). Intelektualizatsiia suchasnykh system avtomatychnoho keruvannia bezpilotnyimi litalnymi

aparatomy [Intellectualization of modern systems of automatic control of unmanned aerial vehicles]. *Kibernetika i vychislitel'naia tekhnika [Cybernetics and computer engineering]*, 1, 45–59 [in Ukrainian].

23. Yasechko, M. N., Ochkurenko, A. V. , Kovalchuk, A. A. , & Maksuta, D. V. (2015). Sovremennye radyotekhnicheskiye sredstva borby s bespilotnymi letatel'nymi apparatami v zone provedeniya ATO [Modern electronic means of dealing with unmanned aircraft in the zone of the ATO]. *Zb. nauk. prats Kharkiv. un-tu Povitrianykh Syl [Scientific works of Kharkiv National Air Force University]*, 3, 54–57 [in Russian].

24. Herasymenko, K. V. (2015). Modeli navmysnykh pereshkod syhnam sputnykovykh radionavhatsiinykh system [Models jamming signals of satellite radio navigation systems]. *Nauka i tekhnika Povitrianykh Syl Zbroinykh Syl Ukrainy [Science and Technology of the Air Force of Ukraine]*, 4, 79–81 [in Ukrainian].

25. Kashcheev, A. A., & Koshelev, V. Y. (2012). Otsenka efektyvnosti podavleniya syhnalov sputnykovykh radyonavhatsyonnykh system prednamerennymi pomekhamy [Estimation of efficiency of the suppression of signal satellite radionavigation systems with structured and noise hindrance]. *Zhurnal radyelektroniky [Journal of Radio Electronics]*, 7, 1–12 [in Russian].

O. M. Pereguda, A. V. Rodionov, S. P. Samoilyk

APPROACH TO INCREASING THE SURVIVABILITY OF CLASS I UNMANNED AERIAL VEHICLE IN EMERGENCY OPERATIONS

The article proposes an approach to increasing the survivability of class I unmanned aerial vehicles in emergency operations which involves development of an onboard information system for identifying emergency occasions in flight and the synthesis of a control action on the unmanned aircraft in case of hazardous factors influence. As the result of the analysis of the main trends in the development of unmanned aerial vehicles onboard control systems, it was found that the leading countries are paying significant attention to increasing their intellectualization level. This is necessary to ensure the fulfilment of complex tasks that are assigned to modern unmanned aerial vehicles in the military and civilian spheres. The main directions of such researches are identifying the problem of swarm application of unmanned aerial vehicles and expanding the capabilities of onboard control systems maintain automatically the values of certain parameters when the flight conditions changes. As the approach to increasing the survivability of a class I unmanned aerial vehicle, a vision of an onboard information system for identifying emergency occasions in flight and synthesis of control action is proposed, the functional purpose of its components is described. It is suggested that this system will be comprised of a subsystem for identifying emergency cases in flight and determining the class I unmanned aerial vehicle threat level and a subsystem for synthesizing control action. Governing documents and regulations for the state aviation of Ukraine determines the list of aircraft emergency occasions. Article mentions the necessity of detailing emergency occasions in flight, which are typical for class I unmanned aerial vehicles and an approach to their classification is proposed. A vision of the nearest partial scientific tasks and a list of expected scientific results of research in this direction are given.

Keywords: *unmanned aerial vehicle; onboard information system; hazardous factors; emergency occasions in flight.*