

Дерев'янчук Анатолій Йосипович (кандидат технічних наук, професор) ¹
Супрун Володимир Олегович ¹
Іщенко Валерій Петрович ²

¹ Сумський державний університет, Суми, Україна

² Науково-дослідний центр Ракетних військ і артилерії, Суми, Україна

ВІРТУАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПІДГОТОВКИ ОПЕРАТОРІВ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ ДІЙ В ІНТЕРЕСАХ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ ПІДРОЗДІЛІВ

Масове застосування безпілотних авіаційних комплексів як засобів розвідувального забезпечення виконання вогневих завдань артилерією свідчить про їх важливу роль в сучасних умовах і доводить перевагу порівняно з іншими засобами розвідки. Інтеграція безпілотних авіаційних комплексів у бойові дії артилерійських підрозділів обумовлює необхідність якісної підготовки особового складу екіпажу та інших фахівців для організації тісної взаємодії між елементами розвідувально-вогневого комплексу. Створення в складі Збройних Сил України окремого роду – Сил безпілотних систем – вимагає прискореного розгортання сучасної системи підготовки особового складу для комплектування відповідних частин і підрозділів. Недосконалість існуючої навчальної матеріально-технічної бази й обмеженість ресурсів вимагають розроблення та впровадження в систему підготовки інноваційних підходів, заснованих на сучасних інформаційних технологіях. Спираючись на стандарти знань і навичок з експлуатації авіаційних безпілотних систем, що прийняті в збройних силах країн-членів НАТО, під час виконання спільних місій в операціях, а також на досвід російсько-української війни, можна сформулювати загальний підхід (методику) до розроблення спеціального програмного забезпечення для підготовки відповідної категорії фахівців. Метою статті є, на основі аналізу процесів функціонування екіпажу безпілотних авіаційних комплексів, запропонувати підхід із розроблення віртуальних тренажерних комплексів (на основі 3D моделей) для практичної підготовки особового складу для дій у складі розвідувально-вогневого комплексу. Під час проведення дослідження застосовувались такі методи: аналіз, порівняння, систематизація, формалізація, 3D моделювання. Зазначений методологічний підхід дав змогу: розробити схему виконання завдань операторами безпілотних авіаційних комплексів, визначити обсяг функціональних завдань пілотів і здійснити віртуалізацію процесу кожної операції. Авторами статті запропоновано послідовність використання віртуального тренажерного комплексу для підготовки екіпажу безпілотних авіаційних комплексів. Отримані результати дослідження: забезпечать підвищення ефективності процесу підготовки особового складу екіпажу безпілотних авіаційних комплексів в складі розвідувально-вогневого комплексу, покращення рівня засвоєння навчального матеріалу, сприятимуть закріпленню практичних навичок та прийманню правильних рішень у позаітатних ситуаціях. Віртуальні тренажерні комплекси можуть використовуватися у навчальних центрах підготовки підрозділів і в освітньому процесі вищих військових навчальних закладів та військових навчальних підрозділів закладів вищої освіти.

Ключові слова: розвідувально-вогневий комплекс, екіпаж безпілотного авіаційного комплексу, 3D моделі, віртуальний тренажерний комплекс.

Вступ

Цю статтю слід розглядати як наступний крок у дослідженнях питань розроблення сучасних систем для інформаційної підтримки навчання та підготовки кваліфікованих спеціалістів як для Збройних Сил України, так й інших складових сектору безпеки і оборони України [1]. В сучасних умовах безпілотні авіаційні комплекси (далі – БпАК) відіграють значну роль у забезпеченні артилерійських підрозділів розвідувальною інформацією, топогеодезичними даними, здійсненні моніторингу маскування своїх позицій, проведенні рекогносцировки місцевості, здійсненні перевірки загрозливих ділянок на маршрутах руху колон тощо.

Тому, поряд з нагальною потребою у вирішенні проблемних питань щодо здійснення якісної підготовки особового складу розвідувально-вогневого комплексу у скорочені терміни, стоїть проблема опанування операторами як будови БпАК, так і методами їх ефективного застосування в інтересах виконання вогневих завдань підрозділами артилерії. Досвід бойових дій, що здобутий під час повномасштабного вторгнення російської федерації на територію України, свідчить про подальше зростання активного впливу БпАК на результати бойових дій [2]. Одночасно виявлено і недоліки, що обмежують можливості безпілотних засобів повітряної

розвідки, а саме: складність розпізнання добре замаскованих об'єктів противника; неможливість довготривалого і безперервного спостереження за одним і тим самим об'єктом; залежність від атмосферних і метеорологічних умов [3]. Всі ці чинники підкреслюють необхідність якісної підготовки операторів БпАК.

Попри це, на теперішній час, ще не повністю вирішена проблема технічного обслуговування і утримання БпАК в стані готовності до застосування. Крім того, під час підготовки операторів часто трапляються випадки втрат БпАК через поломки та пошкодження внаслідок порушень правил експлуатації. Останнє суттєво залежить від рівня підготовки екіпажу, що призводить до необхідності продовження терміну навчання та затримки часу на комплектування підрозділів БпАК підготовленим особовим складом. Тому, нерідко в підрозділах трапляються ситуації – БпАК є, а операторів немає.

Крім того, створення нового роду Збройних Сил України, а саме, Сил безпілотних систем, вимагає значного масштабування спроможностей з підготовки відповідного особового складу в стислі терміни. Все це обумовлює важливість і актуальність досліджень із пошуку інноваційних підходів до удосконалення системи підготовки, створення сучасних навчально-тренувальних систем, розроблення та впровадження сучасних методик і стандартів, прийнятих у збройних силах країн-членів НАТО та на основі досвіду, отриманого під час російської-української війни.

Постановка проблеми. Як було зазначено в [1], досвід ведення бойових дій під час виконання завдань засобами розвідувально-вогневих комплексів (далі – РВК) свідчить про високу ефективність застосування БпАК. Необхідність тісної взаємодії між вогневими засобами та засобами розвідки призвела до того, що ці комплекси набули статусу штатних одиниць в артилерійських підрозділах. Водночас інтеграція БпАК у бойові дії артилерійських підрозділів передбачає якісну підготовку особового складу екіпажу БпАК та інших фахівців для організації ефективної взаємодії між елементами РВК.

Наразі проблема повітряної розвідки в інтересах артилерійських підрозділів майже вирішена через застосування БпАК, які залучаються до виконання таких завдань: викриття елементів угруповань противника та характеру їх дій; визначення стану і можливостей військ (сил) противника, викриття елементів системи управління військами та озброєнням, а також – баз, складів й шляхів постачання матеріально-технічних засобів, боєприпасів і резервів; моніторинг позицій своїх військ й перевірка якості їх маскувального та інженерного обладнання тощо.

В умовах сьогодення, БпАК, що вже перебувають в експлуатації, активно модернізуються. Водночас, до підрозділів надходять нові зразки (типи) БпАК, що змушує викладачів та інструкторів постійно шукати нові методи і форми навчання операторів. Враховуючи реальну обстановку в районах бойових дій та аналіз досвіду застосування підрозділів артилерії,

можна констатувати, що за будь-яких умов вирішальне значення має чинник часу як у вивченні БпАК майбутніми операторами, так і у їх грамотному застосуванні.

З огляду на викладене, пропонується в вищих військових навчальних закладах, навчальних центрах (центрах підготовки підрозділів), кафедрах військової підготовки розробити спеціалізовані навчальні програми, де оператори вивчатимуть основи будови та експлуатації БпАК, що, в свою чергу, після направлення до військових частин, дасть змогу легше і швидше опанувати той чи інший зразок.

Отже, доцільно розробити (формалізувати) схему (послідовність) відповідних завдань, що виконуються операторами БпАК, починаючи від вибору та підготовки місця старту до здійснення приземлення та післяпольотного огляду. Під час виконання цих завдань операторами, основною метою має бути досягнення єдності управління і зв'язку як екіпажу БпАК з артилерійським підрозділом, так і командира РВК з екіпажем. Тому дослідження передбачає вибір найбільш ефективних сучасних способів навчання із застосуванням інформаційних технологій, що сприяють найскорішому, більш якісному та менш витратному способу підготовки операторів. Проблемою організації ефективної підготовки фахівців у зазначених умовах є динамічне узгодження, розроблення візуалізації процесу дій кожного суб'єкта системи, необхідність деталізації сприйняття ними інформації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням застосування БпАК у сучасних умовах надається досить багато уваги з боку науковців та дослідників, про що свідчить достатня кількість публікацій та досліджень. В роботах [4–7] розглядалися загальні аспекти застосування БпАК, сучасні тенденції та перспективи розвитку безпілотних систем різного призначення. Також визначені окремі організаційно-технічні проблеми підготовки операторів БпАК в сучасних умовах. Однак питання створення віртуальних тренажерів для екіпажів БпАК, які б забезпечували не лише виконання завдань із застосування, але й відпрацювання взаємодії з вогневими засобами із складу РВК, не розглядалося. Питанням створення спеціального програмного забезпечення на основі технологій 3D моделювання процесів функціонування БпАК, як навчального інструментарію, до тепер не надавалося належної уваги.

Мета статті – на основі проведення аналізу процесів функціонування екіпажу безпілотних авіаційних комплексів запропонувати підхід із розроблення віртуальних тренажерних комплексів (на основі 3D моделей) для практичної підготовки операторів безпілотних авіаційних комплексів у складі розвідувально-вогневого комплексу.

Виклад основного матеріалу дослідження

Обґрунтування напрямів розвитку різних класів БпАК, а відповідно і системи підготовки особового складу для кадрового забезпечення нового роду сил Збройних Сил України – Сил безпілотних систем –

забезпечення взаємодії існуючих та перспективних БпАК із автоматизованими системами управління, необхідно проводити на основі переліку завдань, що виконує система управління БпАК, формуванні вимог щодо інформації, яку необхідно передавати, визначенні її обсягу, формату, а також споживачів на відповідних рівнях управління [4]. Для цього, у процесі створення такої системи, потрібно враховувати вимоги відповідних стандартів НАТО [8]. Ці документи визначають вимоги до форматів даних й протоколів обміну і описують усі можливі рівні сумісності безпілотних літальних апаратів (далі – БпЛА) і станцій керування та контролю.

За результатами аналізу досвіду ведення сучасних локальних війн, збройних конфліктів і, зокрема російсько-української війни, до основних тактико-технічних вимог перспективних БпАК належать [2; 3; 6]: інтеграція БпАК у автоматизовані системи управління військами; автоматизація операцій застосування засобів безпілотної авіації на всіх етапах польоту БпАК (зліт, політ за маршрутом, нанесення ударів, посадка тощо); можливість виконання групових польотів БпАК (у перспективі – в спільних бойових порядках з літальними апаратами пілотованої авіації); завадозахищеність та завадостійкість від електромагнітних випромінювань радіоелектронних засобів противника та інших електромагнітних випромінювань природного та штучного походження. Досвід застосування БпАК свідчить, що основними завданнями, які вирішуються БпАК, мають бути: визначення координат об'єктів для ураження; нанесення повітряних ударів по об'єктах противника із застосуванням ударних БпАК; коригування вогню артилерії; визначення результатів ракетно-бомбових ударів; ведення усіх видів повітряної розвідки (видової, радіотехнічної, радіаційної, хімічної та інших); виконання спеціальних завдань (ведення радіоелектронної боротьби (далі – РЕБ), ретрансляція радіозв'язку, транспортування вантажів, аерофотозйомка для створення топографічних карт місцевості, імітація повітряних цілей, забезпечення проведення інформаційно-психологічних операцій, освітлення місцевості тощо). Однією з головних причин дефіциту пілотів і операторів є багаторазове зростання об'ємів завдань, що виконуються БпАК.

На сьогоднішній день підготовка операторів/пілотів БпАК регулюється Стандартом НАТО АТП–3.3.81 «Мінімальні вимоги до підготовки операторів та пілотів безпілотних авіаційних систем (БпАС)», видання В, версія 1 (STANAG 4670) [9]. Впровадження стандартів НАТО в процес організації та проведення підготовки операторів/пілотів БпАК в Збройних Силах України сприятиме запровадженню уніфікованого підходу (методики) до підготовки такої категорії фахівців. Це передбачає відповідність визначеним стандартами вимогам до знань і навичок, необхідних для експлуатації безпілотних авіаційних систем на основі використання повітряного простору та виконання спільних місій в операціях НАТО.

Сучасні умови вимагають удосконалювати систему підготовки операторів і спеціалістів із технічного обслуговування БпАК, активно впроваджуючи цикл навчання НАТО. Для реалізації

повноцінного циклу набуття компетенції необхідним етапом є як теоретична, так і практична підготовка. Для інтеграції в систему стандартів НАТО і вдосконаленню системи підготовки екіпажів БпАК пропонується стандартизація навчальних програм та відповідність навчальним програмам, що містять актуальні аспекти їх використання.

Важливим чинником виступає технічне забезпечення, що має відповідати навчальним програмам. У разі відсутності необхідного обладнання, застосування програмно-апаратних тренажерних комплексів з елементами віртуальної реальності, дає змогу особовому складу набувати необхідних практичних навичок. Застосування інноваційних технологій у навчанні дає змогу підвищити ефективність самої системи набуття знань та навичок, що призведе до інтеграції України в альянс країн Європи та Північної Америки на правах повноцінного партнерства.

Країни-члени НАТО широко використовують тренажерні комплекси на базі віртуальної реальності для навчання операторів БпАК, що суттєво знижує витрати на навчання та дає змогу імітувати різні сценарії, зокрема, несприятливі погодні умови, електронні завади від противника та різноманітні типи місій – від розвідки до завдання ударів по цілях. США є світовим лідером у впровадженні безпілотних систем. Саме тому американські військові широко застосовують такі тренажери, як Predator Mission Aircrew Training System (PMATS), що дають змогу операторам відпрацьовувати різні сценарії у віртуальному середовищі [10–12]. Британські військові активно використовують такі БпАК, як Watchkeeper WK450, оператори яких проходять інтенсивну підготовку у віртуальних середовищах для відпрацювання дій у бойових умовах й взаємодії з іншими підрозділами [13–14]. Французька армія застосовує віртуальні тренажери для підготовки операторів БпАК з акцентом на інтеграцію у спільні операції НАТО. Це забезпечує здатність екіпажів працювати у багатонаціональних силах і виконувати спільні місії з партнерами по альянсу [15–16]. Оператори німецьких БпАК типу Heron I проходять підготовку за допомогою тренажерів, що імітують польоти в умовах електронних загроз та бойового навантаження. Тренування операторів охоплює елементи інтеграції БпАК у систему командування та контролю, що дає змогу забезпечити максимальну ефективність бойових дій [17].

Варто зазначити, що однією з важливих переваг, яку надає використання віртуальних тренажерів, є можливість відпрацьовувати інтеграцію БпАК у комплексні операції з наземними та повітряними силами союзників. Спільні навчання НАТО на основі симуляцій дають змогу екіпажам БпЛА взаємодіяти з іншими підрозділами та оперативно реагувати на виклики сучасного поля бою.

Отже, досвід країн-членів НАТО у використанні БпАК та забезпеченні якісної підготовки операторів може стати важливою основою для подальшого розвитку системи підготовки екіпажів БпАК у Збройних Силах України, зокрема, у впровадженні віртуальних тренажерних комплексів для навчання особового складу.

Враховуючи вищевикладене зазначимо, що підвищення якості навчання операторів, з погляду на удосконалення практичних навичок, вміння швидко і правильно виконувати завдання та приймати правильні рішення потребують інноваційних підходів до системи підготовки військових фахівців цього напрямку. На відміну від збройних сил країн-членів НАТО, в Україні однією з головних факторів, що негативно впливає на процес навчання фахівців БпАК, є обмеженість ресурсів, значні витрати, що пов'язані з використанням реальних зразків БпАК в навчально-тренувальних цілях. Тому застосування віртуальних тренажерів виступає в ролі ефективного важеля для зменшення цих витрат й оптимізації навчального процесу. Відомо, що застосування віртуальних тренажерних комплексів впливає на якість знань та їх тривалість, точність визначення координат цілей, час виконання бойового завдання, витрату боєприпасів і безпеку особового складу в бойовій обстановці [1].

Як зазначено в [2], під час виробництва вітчизняних БпАК, достатньої уваги на розроблення симуляторів і тренажерів не надається, що, водночас,

знижує ефективність підготовки операторів БпАК. Відомо, що відбір і підготовка операторів є найбільш складною процедурою у системі функціонування РВК і, в цілому, впливає на результативність виконання вогневих завдань артилерією, збереження життя і здоров'я особового складу.

Одним із шляхів забезпечення високої якості навчання операторів БпАК, у тому числі тих, які виконують завдання у складі РВК, може стати створення сучасної навчальної матеріально-технічної бази у навчальних центрах, військових частинах (підрозділах), інших військових установах на основі віртуальних тренажерних комплексів. Тому, на першому етапі, з метою формування первинних практичних умінь і навичок в умовах, максимально наближених до бойових, пропонується здійснити віртуалізацію процесу підготовки операторів (пілотів) БпАК, які виконують завдання в складі РВК. Враховуючи означене, доцільно навести весь комплекс завдань, що виконуються операторами (пілотами), у вигляді спрощеної схеми послідовності дій кожного суб'єкта БпАК (рис. 1).

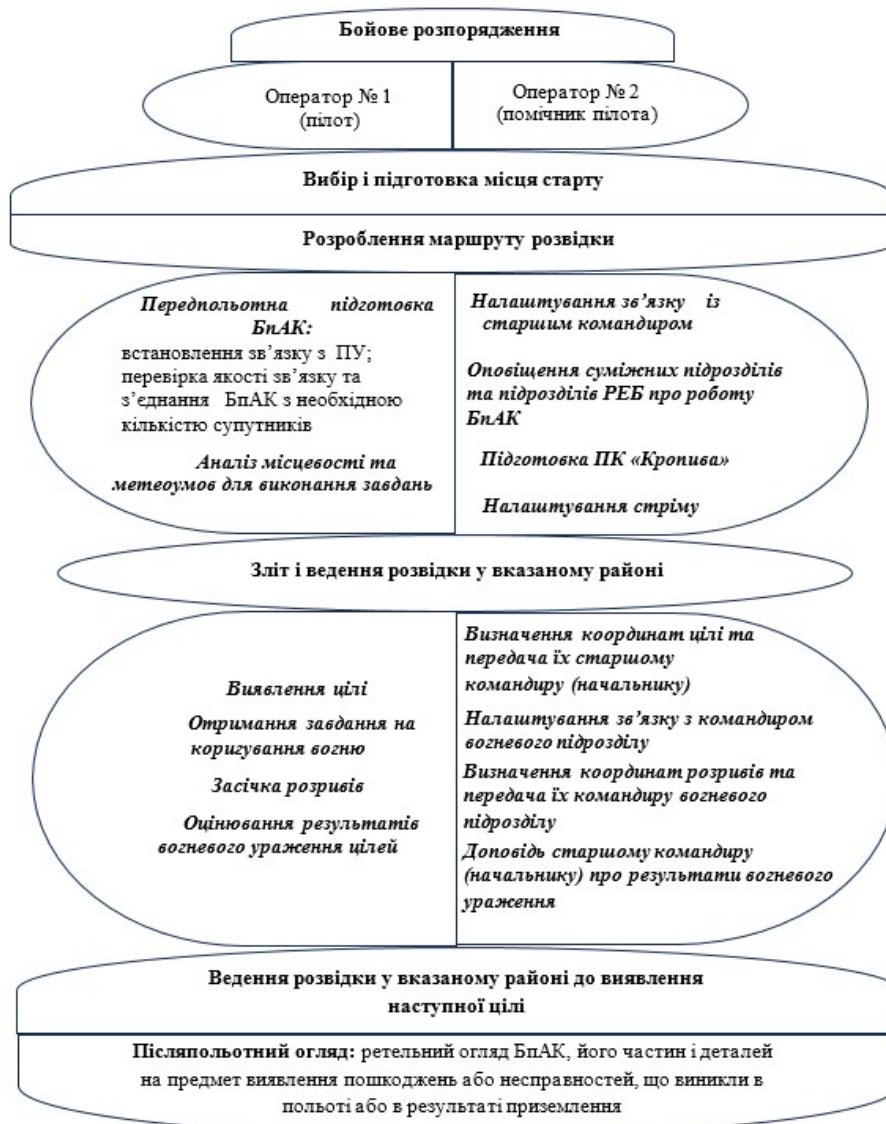


Рисунок 1 – Спрощена схема виконання завдань операторами безпілотних авіаційних комплексів

Межі статті не дають змоги детально описати всі дії кожного суб'єкта. Тому пропонується спочатку вирішити загальні проблеми підготовки операторів, знайти методичний підхід з погляду раціонального використання існуючої навчальної матеріальної бази, кваліфікованих спеціалістів в умовах часових обмежень. Детальний аналіз схеми свідчить про широкий спектр завдань, що виконують оператори (пілоти) БпАК. Тому запропоновано підхід, де визначено основні функції операторів за умови застосування різних типів симуляторів. Зазначимо, що на озброєнні підрозділів Збройних Сил України можуть бути різноманітні БпАК мультироторного типу, наприклад: Mavic 3, Mavic 3T, Matrice 300 RTK тощо.

Невід'ємною частиною засобів повітряної розвідки є БпАК літакового типу. Силами оборони

України застосовуються різноманітні БпАК, проте основними і найбільш численними є: А1-СМ «Фурія», «Лелека-100», Shark. Це обумовлює необхідність вивчення основ будови, експлуатації та бойової роботи основних типів БпЛА, що значно полегшить опанування особовим складом конкретного зразка перед призначенням у військову частину.

Систематична робота на симуляторах, володіння ситуацією, відповідальність і правильне розуміння та сприймання таких чинників, як погодні умови, часові обмеження, протидія противника є основним підґрунтям успішної роботи операторів в бойових умовах під час застосування названих вище БпАК. Означене формально можна навести у вигляді спрощеної схеми (рис. 2) із додатковими поясненнями.

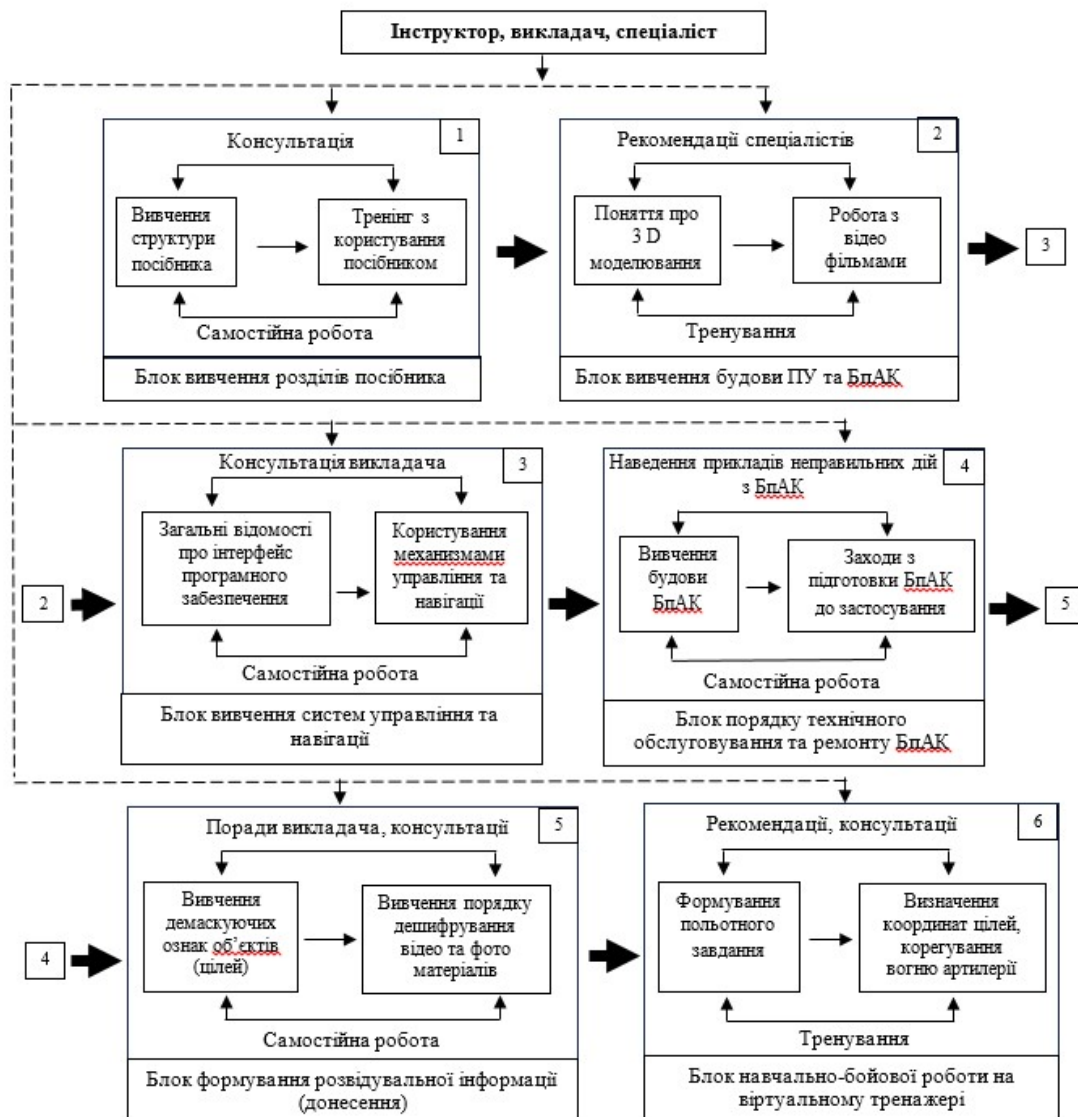


Рисунок 2 – Схема використання віртуального тренажерного комплексу підготовки екіпажу безпілотних авіаційних комплексів

Перший блок – «Вивчення розділів посібника (технічного опису конкретного віртуального тренажера)», який складається з підблоків «Вивчення структури посібника» та «Тренінгу з користування посібником» із консультацією викладача під час

самостійної роботи. Внаслідок цього в операторів формується первинне розуміння структури віртуального тренажера та порядку його застосування.

Другий блок – «Опанування будовою пульта управління (далі – ПУ) та БпАК», який складається з підблоків «Поняття про 3D моделювання» та «Робота з відеофільмами» проводиться під час тренування з рекомендаціями спеціаліста (інструктора). Також важливим аспектом є вивчення демаскуючих ознак озброєння й військової техніки ворога та методів, до яких він вдається, щоб уникнути виявлення власних засобів.

Використовуючи можливості 3D моделювання, слухач у режимі тренування опановує будову пульта управління та літального апарату відповідного типу.

Анімація моделей літальних апаратів полегшує розуміння процесів, що відбуваються в їх механізмах. Крім того, є спеціальні додатки, якими може скористатися той, хто навчається (безпека, захист, маскування тощо). На сьогоднішній день у Збройних Силах України застосовуються різні типи БпАК. Тому у додатку є відповідна візуальна інформація стосовно їх різних типів. Так, наприклад, на моніторі операторів висвітлюються типи БпАК, що вивчаються, їх будова, характеристики, порядок приведення у бойове (похідне) положення тощо (рис. 3).



Рисунок 3 – Зовнішній вигляд різних типів безпілотних літальних апаратів:
1 – мультироторного типу; 2, 3 – літакового типу

Третій блок – «Вивчення системи управління та навігації», який складається з підблоків «Загальні відомості про інтерфейс програмного забезпечення» та «Користування механізмами управління та навігації» під час самостійної роботи, отримуючи за необхідності поради

(консультації) викладача (інструктора). У цьому блоці детально вивчаються усі елементи інтерфейсу програмного забезпечення систем управління та навігації. На рис. 4 наведено ПУ БпАК, який є робочим місцем операторів.



Рисунок 4 – Зовнішній вигляд пульта управління безпілотних авіаційних комплексів літакового типу

Четвертий блок – «Порядок технічного обслуговування та ремонту БпАК», який складається з підблоків «Вивчення будови БпАК» та «Заходи з підготовки БпАК до використання» під час самостійної роботи з наведенням прикладів

типових несправностей даного типу БпАК, можливих шляхів усунення несправностей, існуючих типових помилок оператора та способів їх уникнення (рис. 5–7).



Рисунок 5 – Скриншот навчальної програми
«Будова безпілотного авіаційного комплексу – елементи корпусу»



Рисунок 6 – Скриншот навчальної програми «Будова безпілотного авіаційного комплексу – відеокамера»



Рисунок 7 – Скриншот навчальної програми «Будова безпілотного авіаційного комплексу – кріплення боєприпасу»

П'ятий блок – «Формування розвідувальної інформації (донесення)», який складається з підблоків «Вивчення демаскуючих ознак об'єктів (цілей)» та «Вивчення порядку дешифрування відео та фото матеріалів». Вивчається під час самостійної роботи з консультаціями та порадами викладача (інструктора) у складних, для того хто навчається, питаннях. Основними елементами, на які слід звернути увагу, є розпізнавання об'єктів на місцевості та визначення їх координат з

використанням програмного забезпечення «Кропива» чи іншого подібного за призначенням спеціального програмного забезпечення. Також важливим аспектом є вивчення демаскуючих ознак озброєння і військової техніки ворога та методів, до яких він вдається, щоб уникнути виявлення своїх засобів.

Варіанти робочих фотоматеріалів наведено на рисунках 8, 9.

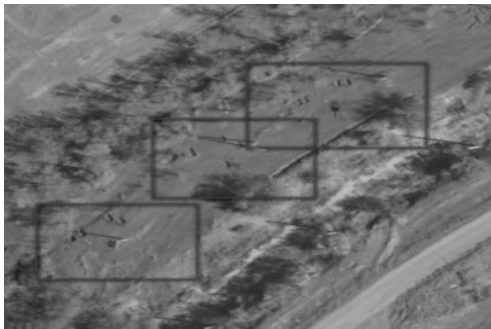


Рисунок 8 – Положення артилерії (гармати МТ-12)



Рисунок 9 – Фотосхема за результатами застосування безпілотного авіаційного комплексу

Шостий блок – етап безпосередньо навчально-бойової роботи на тренажері. На цього етапі пілоти практично виконують завдання із застосування БпАК, закріплюючи теоретичні знання, отримують та удосконалюють свої вміння тренажерний комплекс (рис. 10).

та навички. Для якісного засвоєння навчального матеріалу в стаціонарних умовах доцільно створити спеціалізований клас, де може бути розгорнутий віртуальний



Рисунок 10 – Віртуальний тренажерний комплекс підготовки екіпажу безпілотного авіаційного комплексу (стаціонарний варіант)

Подібний комплекс можна розгорнути також на навчальній матеріально-технічній базі військових частин (навчальних центрів), використовуючи різноманітні мобільні платформи. Віртуальний тренажерний комплекс забезпечує підготовку спеціалістів БпАК для виконання майже всього спектру завдань повітряної розвідки,

а саме: радіо- і радіотехнічної, оптико-електронної, радіолокаційної і радіаційної, хімічної, інженерної щодо визначення характеристик цілей, ретрансляції зв'язку в системі бойового управління (управління військами), окремі види завдань з аерофотозйомки в інтересах картографічної служби, нанесення

ударів по різних цілях, створення хибних цілей для протиповітряної оборони противника, виконання завдань інформаційно-психологічної протидії (ретрансляція теле-радіопередач та розповсюдження друкованих матеріалів) тощо. Ці можливості зазначеного комплексу обумовлюють його переваги перед іншими тренажерно-тренувальними засобами. На сьогоднішній день у світі використовуються різноманітні методики підготовки операторів. Вони охоплюють як традиційні методи навчання, так і сучасні тренажерні системи, засновані на технологіях віртуальної реальності. Кожна з цих методик має переваги та недоліки, що варто враховувати під час вибору підходів до підготовки операторів.

Традиційні методи навчання операторів БпАК, які застосовувалися до останнього часу, містять вивчення теоретичного матеріалу, практичні заняття з реальними БпАК та тренувальні польоти. Така система забезпечує отримання базових знань і навичок, однак вона має суттєві обмеження. Зокрема, висока вартість навчання, пов'язана з використанням реальної техніки та витратами на її обслуговування, значно знижує ефективність підготовки. Полонки (пошкодження) БпЛА під час тренувальних польотів також можуть затримати процес підготовки. Крім того, такі методики не завжди дають змогу імітувати реальні бойові умови, зокрема, взаємодію з іншими підрозділами в складі РВК.

Порівняно з традиційними методиками, запропонована віртуалізація процесу підготовки операторів БпАК за допомогою 3D моделювання та віртуальних тренажерних комплексів має значні переваги. Як зазначено, впровадження віртуальних тренажерів сприяє суттєвому зниженню витрат на навчання завдяки мінімізації використання реальної техніки. Крім того, такі комплекси забезпечують безперервну підготовку операторів без ризику пошкодження обладнання, що є критичним для збереження ресурсів та підтримання боєздатності підрозділів. Завдяки застосуванню технологій віртуальної реальності, тренажери можуть моделювати різноманітні бойові сценарії, включно з несприятливими погодними умовами, радіоелектронною боротьбою противника, і взаємодією з іншими бойовими підрозділами. Це дає змогу операторам відпрацьовувати виконання завдань у складних умовах, максимально наближених до реальних бойових операцій. Крім того, тренажери забезпечують можливість інтеграції в системи управління РВК, що є важливим для ефективного виконання спільних завдань в інтересах дій артилерійських підрозділів.

Ще однією перевагою використання сучасних віртуальних тренажерів є можливість багаторазового повторення складних етапів навчання без необхідності витрачати додаткові ресурси. У традиційній системі навчання, кожен тренувальний політ із використанням реального БпЛА є досить вартісним і потребує значного часу на підготовку техніки, що обмежує кількість практичних завдань, які можуть бути виконані. Віртуальні тренажери дають змогу багаторазово відпрацьовувати різні аспекти управління БпАК, що прискорює процес засвоєння матеріалу та покращує навички операторів.

Важливою перевагою віртуальних тренажерів, також, є можливість навчання значної кількості операторів одночасно в централізованих навчальних центрах або навіть у дистанційному форматі. Це відкриває нові перспективи для масової підготовки спеціалістів, що є особливо важливим у зв'язку зі створенням Сил безпілотних систем, коли швидка підготовка нових кадрів стає вирішальним фактором у забезпеченні боєздатності відповідних військових підрозділів.

Отже, запропонований підхід до віртуалізації процесу підготовки операторів БпАК значно перевершує традиційні методи за ефективністю, економічністю та можливістю моделювання складних та різноманітних бойових умов, що, в свою чергу, забезпечить набуття спроможностей FDR-3.5.2 «Підготовка військових фахівців у ВВНЗ та ВВП ЗВО» і FDR-3.5.3. «Підготовка військових фахівців у НЦ, НТЦ, школах підготовки фахівців» відповідної Функціональної групи спроможностей Міністерства оборони України, Збройних Сил України та інших складових сил оборони в частині підготовки фахівців із застосування БпАК. Використання віртуальних тренажерів стане ключовим фактором вдосконалення системи підготовки, підвищення якості навчання та оперативного засвоєння нових знань, вмій і навичок особовим складом РВК в цілому

Висновки й перспективи подальших досліджень

Аналіз застосування безпілотних авіаційних комплексів у сучасних умовах, зокрема, під час російсько-української війни підтвердив провідну роль безпілотної авіації для досягнення перемоги на полі бою [2; 3; 6]. Ефективне застосування БпАК, значною мірою, залежить від рівня навченості операторів, що обумовлює необхідність впровадження нових інноваційних підходів до системи підготовки на основі сучасних інформаційних технологій.

Проведений аналіз процесів функціонування екіпажу безпілотних авіаційних комплексів дав змогу сформулювати підхід до розроблення віртуальних тренажерних комплексів (на основі 3D моделей) для практичної підготовки особового складу безпілотних авіаційних комплексів у складі розвідувально-вогневих комплексів. Зазначений віртуальний тренажерний комплекс дає можливість вирішення таких завдань: скорочення часу фахової підготовки особового складу; підвищення ефективності процесу підготовки особового складу розвідувально-вогневого комплексу в цілому; покращення рівня засвоєння навчального матеріалу; закріплення практичних навичок та приймання правильних рішень у позаштатних ситуаціях з використанням мобільної та відносно недорогої існуючої навчальної матеріально-технічної бази. Віртуальний тренажерний комплекс зможе забезпечити підготовку спеціалістів безпілотних авіаційних комплексів для виконання майже всього спектру завдань, які на них покладаються під час бойової роботи.

Отже, існує нагальна потреба у подальших дослідженнях питань створення та впровадження в систему підготовки Збройних Сил України та

інших складових сектору безпеки і оборони віртуальних тренажерних комплексів на основі сучасних інформаційних технологій для

підготовки операторів безпілотних комплексів різного призначення та різних сфер застосування: авіаційних, наземних та морських.

Список бібліографічних посилань

1. Чопа Д. А., Дерев'янчук А. Й., Москаленко Д. Р., Іщенко В. П. Віртуалізація процесу підготовки мінометної обслуги як елемента розвідувально-вогневого комплексу. *Сучасні інформаційні технології в сфері безпеки та оборони*. 2023. № 3 (48). С. 122–129.
2. **Воєнно-історичний опис** російсько-української війни (грудень 2023). Міністерство оборони України. Генеральний штаб Збройних Сил України. Центр досліджень воєнної історії Збройних Сил України. Київ. №13777-004 НУОУ. 190 с.
3. **Dag H., Bronk Ju.** The air war in Ukraine – the first year of conflict. Cass Military Studies. Routledge/ Taylor & Francis Group/ London and New York, 2024. 234 p.
4. **Самойленко С. О., Богославець В. А., Хлоп'ячий О. В.** Основні напрями розвитку безпілотної авіації Збройних Сил України. *Збірник наукових праць*. Київ : Державний науково-дослідний інститут авіації, 2022. Вип. 18 (25). С. 218–226.
5. **Макух Д., Андерсон Г.** Впровадження БпЛА в освітні програми у ВВНЗ України огляд найкращих практик і методів оцінювання. *Академічні візії*. 2024. Випуск 30/2024. С. 1–14.
6. **Коршець О. А., Горбенко В. М.** Уроки застосування безпілотних літальних апаратів у російсько-українській війні. *Повітряна міць України*. 2023. № 1 (4). С. 9–17.
7. **Застосування безпілотних авіаційних систем у сфері цивільного захисту**: монографія / Бондар Д.В. та ін. Київ : Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту, 2022. 312 с.
8. **STANAG 4586** Standard interfaces of UA control system (UCS) for NATO UA interoperability; **STANAG 4660** Interoperable Command And Control Data Link For Unmanned Systems (IC2DL); **STANAG 7085** NATO «Interoperable Data Links for ISR Systems»; **STANAG 7023** Air Reconnaissance Primary Imagery Data Standard; **STANAG 4545** NATO Secondary Imagery Format (NSIF); **STANAG 4607** NATO Ground Moving Target Indicator(GMTI) Format; **STANAG 4609** NATO digital motion imagery standard URL: <https://www.sto.nato.int/Pages/default.aspx> (accessed: 02.12.2024).
9. **Stanag 4670** Recommended guidance for the training of designated unmanned aerial vehicle operator (duo). NATO standardization agency – agence otan de normalisation b-1110 Brussels, Belgium. 2009. 17 p.
10. **Predator Mission Aircrew Training System (PMATS)**. URL: https://www.cae.com/media/documents/Defence_Security/Predator_Mission_Aircrew_Training_System_%28PMATS%29.pdf (accessed: 02.12.2024).
11. **L-3 Link to Provide USAF with 34 New Predator Mission Aircrew Training System Simulators**. URL: <https://www.armyrecognition.com/news/aerospace-news/2016/l-3-link-to-provide-usaf-with-34-new-predator-mission-aircrew-training-system-simulators> (accessed: 02.12.2024).
12. **L-3 Link Simulation & Training Delivers Additional Predator Mission Aircrew Training Systems**. URL: <https://www.militarysystems-tech.com/articles/l-3-link-simulation-training-delivers-additional-predator-mission-aircrew-training-systems> (accessed: 02.12.2024).
13. **Watchkeeper**. British Army. 2024. URL: <https://www.army.mod.uk/learn-and-explore/equipment/aircraft/watchkeeper> (accessed: 02.12.2024).
14. **Watchkeeper**. ThalesGroup. URL: <https://www.thalesgroup.com/en/countries/europe/united-kingdom/markets-we-operate/defence/air-systems-uk/isr-air/watchkeeper> (accessed: 02.12.2024).
15. **MQ-9 Reaper**. Ministère des Armées et des Anciens combattants. URL: <https://www.defense.gouv.fr/air/nos-aeronefs/nos-drones/mq-9-reaper> (accessed: 02.12.2024).
16. **Drone Training**. French Air and Space Force Academy. URL: <https://english-version.ecole-air-espace.fr/training/continuing-formation/drone-training/> (accessed: 02.12.2024).
17. **Afghanistan: Resolute Support**. Bundeswehr. URL: <https://www.bundeswehr.de/de/einsaetze-bundeswehr/abgeschlossene-einsaetze-der-bundeswehr/afghanistan-resolute-support> (accessed: 02.12.2024).

VIRTUALIZATION OF THE PROCESS OF TRAINING OPERATORS OF UNMANNED AERIAL SYSTEMS FOR ACTIONS IN THE INTERESTS OF ARTILLERY UNITS

Derevianchuk Anatolii (Candidate of technical sciences, professor)¹

Suprun Volodymyr¹

Ishchenko Valery²

¹*Sumy State University, Sumy, Ukraine*

²*Artillery Research Center, Sumy, Ukraine*

Formulation of the problem in general. The widespread use of unmanned aerial systems in the interests of performing artillery fire missions indicates their important role in modern conditions and proves their advantage over other reconnaissance means. The integration of unmanned aerial systems into combat operations of artillery units requires high-quality training of the unmanned aerial systems crew personnel and other specialists for close interaction between the elements of the reconnaissance and fire complex. Effective use of unmanned aerial systems as part of the reconnaissance and fire complex requires appropriate training of its crew. This, in turn, can be ensured by developing and implementing the latest innovative approaches based on modern information technologies into the training system. The purpose of the article is based on the conducted analysis of the functioning process of the crew of unmanned aircraft systems, an option is proposed for the development of virtual training complexes (based on 3D models) for the practical training of operators of unmanned aircraft systems as part of a reconnaissance and fire complex. The following methods were used in the study: analysis, systematization, improvement, justification, evaluation, 3D modelling. The specified methodological approach allowed: to develop a simplified scheme for the functioning of unmanned aerial systems operators, to determine the volume of functional tasks of pilots and to virtualize the process of each operation. The authors of the article proposed a sequence of using a virtual training complex for training the unmanned aerial systems crew.

Analysis of recent researches and publications. A lot of attention is paid by scientists and researchers to issues of the use of unmanned aerial systems in modern conditions, as evidenced by a fairly large number of publications and

studies. The general aspects of the application of unmanned aerial systems, modern trends and prospects for development were considered. Separate organizational and technical problems of the training of unmanned aerial systems operators are also defined. But the issue of creating virtual simulators for unmanned aerial systems crews, which would ensure not only the implementation of application tasks, but also ensure the processing of issues of interaction with fire equipment from the reconnaissance and fire complex, was not considered. Issues of creating special software based on technologies of 3D modelling of unmanned aerial systems functioning processes, as a training tool, have not been given due attention until now.

Presenting the main material. In order to ensure high-quality training of operators working as part of the reconnaissance and fire complex, it is necessary to create an educational material and technical base in training canter, military units (units) and other military establishments. However, the dynamics of hostilities, the lack of specialists (instructors) and resources do not always allow the implementation of appropriate training complexes. Therefore, at the first stage, with the aim of forming primary practical skills and abilities in conditions close to combat, it is proposed to create a virtualization of the training process for unmanned aerial systems operators (pilots) who are part of the reconnaissance and fire complex.

Elements of scientific novelty. The authors conducted an analysis of the missions of operators (pilots) and presented it in the form of a scheme of the algorithm of actions of each subject of unmanned aerial systems. An approach is proposed, where the basic functions of operators when using different types of simulators are determined based on mission analysis, and a block diagram of the algorithm for using a virtual simulator complex for the training of the unmanned aerial systems crew is developed. A scheme of a specialized class, where a virtual training complex can be deployed, is proposed.

Practical significance of the article. The obtained results will ensure an increase in the efficiency of the process of training the unmanned aerial systems personnel, will contribute to an improvement in the level of assimilation of educational material, consolidation of practical skills and making the right decisions in emergency situations. Virtual training complexes can be used both in training centres for the preparation of units and in the educational process of higher military educational institutions and military educational units of higher education institutions.

Conclusion and the perspectives of future researches. The analysis of the processes of functioning of the unmanned aerial systems crew made it possible to formulate an approach to the development of virtual training complexes (based on 3D models) for the practical training of unmanned aerial systems personnel as part of the reconnaissance and fire complex. The virtual training complex can provide training for unmanned aerial systems specialists to perform the entire range of tasks assigned to them during combat work.

Key words: reconnaissance and fire complex, unmanned aerial systems crew, 3D models, virtual training complex.

References

- Chopa, D. A., Derevyanchuk A. Y., Moskalenko D. R., Ishchenko V. P., (2023). Virtualization of the mortar service training process as a reconnaissance-fire element. *Modern information technologies in the field of security and defense*. 3(48), 122–129.
- Military-historical description of the Russian-Ukrainian war (December 2023). Ministry of Defense of Ukraine. General Staff of the Armed Forces of Ukraine. Center for Research on the Military History of the Armed Forces of Ukraine. Kyiv. No. 13777-004 NUOU.
- Dag H., Bronk Ju., (2024). The air war in Ukraine – the first year of conflict.. Cass Military Studies. Routledge/ Taylor & Francis Group/ London and New York.
- Samoilenko, S. O., Bogoslavets V. A., Khlopnyachiy O. V., (2022). The main directions of development of unmanned aviation of the Armed Forces of Ukraine. *Collection of scientific works / State Research Institute of Aviation*. 18 (25), 218–226.
- Makukh, D., Anderson, G. (2024). Promotion of UAVs in lighting programs at VVNZ of Ukraine, a review of the best practices and evaluation methods. *Academic visas*. 30/2024,1-14.
- Korshets, O. A., Horbenko, V. M., (2023). Lessons from the use of unmanned aerial vehicles in the Russian-Ukrainian war. *Air power of Ukraine*. 1(4), 9-17.
- Application of unmanned aircraft systems in the field of Civil Defense (2022): monograph / Bondar D.V. et al. Kyiv: Institute of State Administration and Scientific Research on Civil Defense.
- STANAG 4586 Standard interfaces of UA control system (UCS) for NATO UA interoperability; STANAG 4660 Interoperable Command and Control Data Link for Unmanned Systems (IC2DL); STANAG 7085 NATO «Interoperable Data Links for ISR Systems»; STANAG 7023 Air Reconnaissance Primary Imagery Data; STANAG 4545 NATO Secondary Imagery Format (NSIF); STANAG 4607 NATO Ground Moving Target Indicator (GMTI) Format; STANAG 4609 NATO digital motion imagery standard [online]. Available at: <https://www.sto.nato.int/Pages/default.aspx> [Accessed: 02 December 2024].
- STANAG 4670, (2009). Recommended guidance for the training of designated unmanned aerial vehicle operator (duo). NATO standardization agency – agence otan de normalisation b-1110 Brussels, Belgium, 17.
- Predator Mission Aircrew Training System (PMATS) [online]. Available at: https://www.cae.com/media/documents/Defence_Security/Predator_Mission_Aircrew_Training_System_%28PMATS%29.pdf [Accessed: 02 December 2024].
- L-3 Link to Provide USAF with 34 New Predator Mission Aircrew Training System Simulators [online]. Available at: <https://www.armyrecognition.com/news/aerospace-news/2016/1-3-link-to-provide-usaf-with-34-new-predator-mission-aircrew-training-system-simulators> [Accessed: 02 December 2024].
- L-3 Link Simulation & Training Delivers Additional Predator Mission Aircrew Training Systems [online]. Available at: <https://www.militarysystems-tech.com/articles/1-3-link-simulation-training-delivers-additional-predator-mission-aircrew-training-systems> [Accessed: 02 December 2024].
- Watchkeeper, (2024). British Army [online]. Available at: <https://www.army.mod.uk/learn-and-explore/equipment/aircraft/watchkeeper> [Accessed: 02 December 2024].
- Watchkeeper, (2024). ThalesGroup. [online]. Available at: <https://www.thalesgroup.com/en/countries/europe/united-kingdom/markets-we-operate/defence/air-systems-uk/isr-air/watchkeeper> [Accessed: 02 December 2024].
- MQ-9 Reaper, (2024). Ministère des Armées et des Anciens combattants [online]. Available at: <https://www.defense.gouv.fr/air/nos-aeronefs/nos-drones/mq-9-reaper> [Accessed: 02 December 2024].
- Drone Training, (2024). French Air and Space Force Academy [online]. Available at: <https://english-version.ecole-air-espace.fr/training/continuing-formation/drone-training/> [Accessed: 02 December 2024].
- Afghanistan: Resolute Support, (2024). Bundeswehr [online]. Available at: <https://www.bundeswehr.de/de/einsaetze-bundeswehr/abgeschlossene-einsaetze-der-bundeswehr/afghanistan-resolute-support> [Accessed: 02 December 2024].