

УДК 629.7.051

Вадим СІВАК

доктор технічних наук, доцент,
начальник кафедри інженерного забезпечення
та технічних засобів охорони кордону,
Національна академія Державної прикордонної служби
імені Б. Хмельницького, м. Хмельницький
<https://orcid.org/0000-0002-8262-4831>
vadimsivak@gmail.com

Микола АНДРУШКО

старший науковий співробітник,
Державний науково-випробувальний центр
Збройних Сил України, м. Чернігів
<https://orcid.org/0000-0001-5454-778X>
Andrushko _ Kolay@mail.ru

Володимир ЛЯШЕНКО

кандидат технічних наук,
Державний науково-випробувальний центр
Збройних Сил України, м. Чернігів
<https://orcid.org/0000-0003-0103-9815>
vladimir.lyashenko.67@ukr.net

Віктор ЯСЬКО

кандидат військових наук, доцент,
старший викладач кафедри військової підготовки,
Кам'янець-Подільський Національний університет
імені Івана Огієнка, м. Кам'янець-Подільський
<https://orcid.org/0000-0002-4905-083X>
yassya67@gmail.com

© Сівак В., Андрушко М., Ляшенко В., Ясько В.

ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМІВ СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ОБ'ЄКТИВНОГО КОНТРОЛЮ СУЧАСНИХ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ ТА МОДЕРНІЗАЦІЯ НАЗЕМНИХ СИСТЕМ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

У статті розкривається сучасний етап розвитку безпілотних авіаційних комплексів та особливості їх застосування у Збройних Силах України, що ускладнено відсутністю чітких однозначних вимог щодо здійснення об'єктивного контролю їх польотів. Подальше удосконалення безпілотних літальних апаратів проходитиме за рахунок застосування сучасних інформаційних технологій, передусім нових навігаційних систем, новітнього обладнання, ефективних силових установок, різного роду датчиків, що дає можливість довгострокового застосування таких літальних апаратів у різний час доби та при різних погодних умовах.

Водночас першочерговим завданням залишається контроль технічного стану безпілотних авіаційних комплексів.

У статті визначено, що дослідження виконувалися теоретичним методом, шляхом системного аналізу науково-технічної літератури, чинних керівних документів за напрямом дослідження та з урахуванням практики організації та здійснення об'єктивного контролю польотів.

Аналіз наявних систем та навантаження безпілотних літальних апаратів визначає необхідність створення уніфікованої вітчизняної системи об'єктивного контролю безпілотних авіаційних комплексів шляхом розробки уніфікованих бортових і наземних засобів об'єктивного контролю, що дозволить підвищити не тільки безпеку застосування безпілотних авіаційних комплексів, а й надасть дієві інструменти для оцінки та прогнозування технічного стану безпілотних літальних апаратів, аналіз повноти виконання польотного завдання та дій членів екіпажу.

Проведені дослідження дозволили визначити завдання системи об'єктивного контролю, можливі варіанти застосування та технічні вимоги до неї. Результати дослідження пропонується використати для створення системи об'єктивного контролю безпілотних авіаційних комплексів та її застосування в Збройних Силах України.

Ключові слова: інформаційні технології; функціональні завдання; об'єктивний контроль; уніфікація; технічні вимоги; реалізація.

1. ВСТУП

Постановка проблеми у загальному вигляді. Одним із елементів державної авіації є система об'єктивного контролю (СОК), роль якої суттєво зростає із зростанням складності авіаційної техніки. Тому для безпілотної авіації напрями розвитку СОК повинні розглядатися тільки в нерозривному зв'язку з принципами розробки та функціонування перспективних безпілотних авіаційних комплексів (БПАК).

Аналіз локальних воєнних конфліктів останніх десятиріч, подій на Сході України та в Сирії зокрема, визначають об'єктивну закономірність на збільшення завдань, що виконують БПАК. Можливість отримувати в масштабі реального часу розвідувальну інформацію, здійснювати нанесення ударів по противнику без участі людини робить сучасні БПАК привабливими для збройних сил будь-якої країни.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні вияви сучасності посилюють вимоги до повноти інформаційного забезпечення процесів управління бойовими діями і як наслідок – розширення вимог до авіаційних систем як постачальників інформації про противника [2].

Сучасний етап розвитку техніки взагалі і техніки БПАК зокрема характеризується значним зростанням впровадження сучасних інформаційних технологій [11]. Електронний борт сучасних безпілотних літальних апаратів (БПЛА) піддається глибокій модернізації. Нові системи, що встановлюються на борту БПЛА, надають дані на реєстрацію у форматах та обсягах, які фізично не можуть прийняти застарілі штатні бортові реєстратори. У цій ситуації розробник кожної нової системи з метою впровадження свого проекту одночасно розробляє додатковий бортовий реєстратор для своєї системи і відповідний наземний програмно-апаратний комплекс обробки на базі персональних електронно-обчислювальних машин (ПЕОМ). Без цього прийняття на озброєння нової системи БПАК є неможливим [4], [6].

Подальше удосконалення БПЛА відбувається за рахунок застосування нових навігаційних систем, новітнього обладнання, ефективних силових установок, різного роду датчиків, що дає можливість довготривало застосовування таких літальних апаратів у різну пору доби і за різ-

них погодних умов [1]. Засоби контролю, що встановлюються на борту БПЛА як самостійні вироби та вбудовані засоби контролю, а також ті, що поставляються у вигляді наземних комплексів, складають єдину систему засобів контролю БПАК. Серед усього переліку нового обладнання, що встановлюється на всіх типах БПАК, особливо виділяються засоби збору та реєстрації різноманітної параметричної, цифрової та відео інформації з відповідними наземними комплексами її обробки [8,10].

Таким чином, вже сьогодні на борту сучасних БПЛА робляться перші кроки із широкого впровадження та уніфікації обміну даними між обладнанням та системами, що в недалекому майбутньому дозволить більш чітко обґрунтувати завдання та виділити контури майбутньої СОК БПАК. Водночас першочерговим завданням залишається контроль їх технічного стану, де СОК БПАК повинна забезпечувати ухвалення рішення за кожним оцінюваним параметром з ймовірністю, не нижче заданої, при мінімальному часі доставляння польотної інформації до місця обробки.

Метою статті є дослідження аспектів перспективи розвитку створення СОК БПАК та уніфікації наземних систем обробки інформації.

2. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Швидкий розвиток БПЛА дає можливість вирішувати завдання які до цих пір не вирішувалися або були дуже затратними в економічному плані. У наш час у зв'язку із мініатюризацією електронної техніки стало можливим установлювати на малі літальні апарати різноманітні вимірювальні прилади, а також оптичні та тепловізійні засоби реєстрації, що дозволяє вести спостереження в різних хвильових діапазонах. На сучасному етапі розвиток авіації (у тому числі і БПЛА) значною мірою визначається прогресом у галузі бортового радіоелектронного обладнання. Безперервно збільшується насиченість їх різним обладнанням. Особлива увага приділяється бортовому радіоелектронному обладнанню для нових апаратів та тих, що модернізуються. Їх створення відбувається в умовах розширення завдань, що вирішуються БПЛА, ускладнення роботи екіпажу, збільшення номенклатури обладнання тощо. Для контролю стану встановленого на борту БПЛА

обладнання виникає необхідність введення нових каналів реєстрації інформації, удосконалення засобів і алгоритмів її обробки. Аналізуючи сучасні тенденції і напрями розвитку радіоелектронного обладнання, такі канали доцільно реалізувати за рахунок застосування багатофункціонального інтегрованого обладнання (обчислювальних засобів, радіоелектронних засобів, засобів передачі та відображення інформації), що дозволить не тільки здійснювати контроль знову встановленого обладнання, а суттєво удосконалити систему контролю технічного стану БПАК взагалі, підвищити контроль якості виконання польотних завдань, забезпечити обмін інформацією між системами БПЛА і пунктом дистанційного пілотування (ПДП), оперативно формувати команди управління.

Уже сьогодні сучасні обчислювальні засоби в процесі рішення бойових і навігаційних завдань БПЛА спроможні в реальному часі забезпечити отримання комплексної інформації від різних бортових датчиків і систем, обробку цієї інформації, формування управляючих сигналів і команд управління, реалізувати алгоритми обміном інформації. Підвищення швидкодії обчислювальних засобів, збільшення обсягу пам'яті, інтеграція обчислювальної мікропроцесорної техніки в бортове радіоелектронне обладнання дозволяють застосовувати прогресивні високошвидкісні методи цифрової обробки сигналів і даних та отримувати результати обробки з високою точністю і достовірністю в режимі реального часу [1].

У Правилах виконання польотів БПАК державної авіації України (введених в дію наказом Міністерства оборони України від 08.12.2016 № 661) визначено, що БПЛА обладнуються бортовими засобами об'єктивного контролю, які реєструють параметри польоту. Допускається встановлення засобів об'єктивного контролю (ОК) на ПДП.

Для ефективного використання інформації наземних засобів ОК і бортових пристроїв реєстрації необхідно, щоб весь особовий склад зовнішнього екіпажу БПЛА (зовнішні пілоти (оператори) та члени екіпажу) твердо знав можливості і технічні характеристики бортових пристроїв реєстрації, методику дешифрування записів і уміло їх екс-

платував, вмів аналізувати дані об'єктивного контролю для оцінки своїх дій, дій підлеглих і роботи літального апарата.

Тому процес обладнання БПАК за допомогою впровадження нових інформаційних систем загалом дозволяє покращити ефективність їх бойового застосування та підвищити безпеку використання. Одночасно це веде до збільшення кількості форматів та обсягу циркулюючої на борту БПАК польотної інформації (ПІ), яка реєструється різноманітними реєстраторами. При розробці наземних систем (комплексів) обробки ПІ їх виконавці не завжди дотримуються встановлених форм представлення результатів обробки, а відповідні керівні документи не завжди містять відомості про порядок їх обробки, представлення та зберігання (архівування). Через відсутність на даний час галузевої стратегії розвитку бортових систем збирання і реєстрації ПІ та наземних систем її обробки сам процес створення та модернізації цих систем в основному здійснюється безсистемно, особливо це питання проглядається в БПАК [6].

Наземні системи обробки ПІ нового покоління володіють значно більшими функціональними можливостями як з організації процесу обробки, так і з можливостями надання її результатів. Проте для врахування цих нових функціональних можливостей чинні керівні документи з організації ОК польотів авіації Збройних Сил України потребують доопрацювання.

Розглядаючи можливості бортових систем реєстрації та відповідних наземних автоматизованих комплексів обробки ПІ доцільно сказати, що вони в сучасних умовах дають дієвий імпульс в широкому використанні різнобічної ПІ для підвищення безпеки польотів БПАК. На жаль, при цьому залишаються поза увагою питання ОК виконання польотів та контролю функціонування усіх систем і елементів БПАК, а також відсутні реалізовані алгоритми їх самоконтролю. Це є однією із вагомих причин низького рівня активності військових у використанні цієї вартісної техніки.

Для проведення ґрунтовного аналізу завдань СОК працездатності БПАК, інформаційних систем управління та забезпечення виконання завдань розглянемо класифікацію сучасних БПЛА.

З огляду на характер покладених завдань БПАК поділяються за функціональним призначенням [10]:

- 1) для ведення повітряної розвідки – у складі розвідувально-вогневих та розвідувально-ударних комплексів;
- 2) для ураження цілей ударними БПАК:
спільно (у взаємодії) з частинами (підрозділами) пілотованої авіації;
в інтересах виконання завдань радіоелектронної боротьби з противником;
- 3) для ретрансляції зв'язку в системах бойового управління;
- 4) для забезпечення транспортних функцій.

Безпілотні авіаційні комплекси можуть застосовуватися як роздільно, так і інтегровано у різних комбінаціях, залежно від їх корисного навантаження.

Враховуючи досвід проведення антитерористичної операції (АТО) на Сході нашої країни, для забезпечення ефективного вирішення завдань вогневого ураження противника БПАК інтегруються в єдину систему розвідки та вогневого ураження, яка включає:

- систему повітряної розвідки та спостереження;
- систему управління застосування БПАК (з автоматизованою системою бойового управління силами та обміном інформацією);
- систему вогневого ураження та радіоелектронної боротьби.

Розрізняють таку класифікацію БПАК [9]:

- за класами:
 - легкі (I клас): мікро (тактичні), міні (тактичні поля бою), малі (тактичні);
 - середні (II клас): тактичні, оперативно-тактичні;
 - важкі (III клас): оперативні, стратегічні;
- призначенням:
 - бойові: розвідувальні, розвідки та цілевказання, радіоелектронної боротьби, ударні, перехоплення ПС, а також комбінованого призначення;
 - спеціальні: ретранслятори та мішені, а також спостереження та моніторингу об'єктів, території тощо.

Таким чином, своєчасним і актуальним є завдання обґрунтування функціональних завдань та можливих варіантів застосування СОК БПАК за інформаційним обміном між системами і комплексами бортового обладнання БПАК.

На сучасному етапі використання БПАК зростає увага до створення їх на основі сукупності БПЛА, що включає в себе наземну систему управління, технічні засоби забезпечення та обладнання, поєднані єдиним алгоритмічно-програмним продуктом. Типовий склад комплексу з БПЛА має включати такі основні елементи:

від двох і більше БПЛА з комплектом змінних корисних навантажень різних типів;

засоби наземного (корабельного, повітряного) забезпечення пусків та експлуатації БПЛА;

наземний ПДП БПЛА – у стаціонарному (мобільному – на базі автомобіля підвищеної прохідності з повним приводом) варіанті;

портативні (індивідуальні) термінали, що забезпечують прийом інформації від БПЛА в масштабі реального часу.

Склад засобів наземного обслуговування визначається з урахуванням класу і призначення комплексу БПЛА, який визначено в матеріалах [9].

На СОК покладається загальне функціональне завдання, що визначається призначенням СОК БПАК і може бути виконано шляхом розв'язання сукупності локальних функціональних завдань, властивих її елементам, у свою чергу вирішення цих завдань покладається на окремі системи ОК і може бути представлено як формування набору інформаційного каналу (ІК), що є функціонально завершеною процедурою і використовує визначену частину ресурсів СОК для його рішення. Канали відрізняються за видом інформаційних сигналів і даних, аналізованими параметрами та методами їх обробки, а також ресурсами, що витрачаються. Сукупність ІК утворює єдине інформаційне середовище СОК.

Значна увага приділяється зменшенню невизначеності в інформації, тому що навіть невелике зменшення рівня невизначеності сприяє

суттєвому підвищенню адекватності прийняття рішення. Ефективний шлях подолання невизначеності в цілому має, безумовно, базуватися на подоланні об'єктивних і суб'єктивних чинників, іншими словами – повинні бути залучені до виконання завдань одночасно і людина – зовнішній пілот (оператор), і технічні засоби.

У рамках системного аналізу виділяють функціональний і структурний підходи. Етапу концептуального аналізу СОК як керованої структури більш відповідає функціонально-структурний підхід, що передбачає виділення множини функціональних завдань СОК, тобто декомпозицію головного завдання на складові, а потім відображення виявленої ієрархії завдань на функціональну структуру СОК.

Цей підхід дозволяє визначити структуру функціональних завдань СОК БПАК, а саме функціональних завдань бази даних СОК БПАК, їх ПДП та завдання обслуговування апаратів. Детально ці завдання розкриті у матеріалах [11].

Завдання побудови СОК має інформаційні і конструктивні аспекти. Більшість фундаментальних досліджень систем вимірів і контролю присвячено структурному і параметричному синтезу інформаційних каналів на основі однокритеріальної оптимізації, де як критерій зазвичай використовується точність оцінки значень вимірюваних параметрів. Такий підхід дозволяє оцінити оптимальність СОК тільки з інформаційної точки зору.

У дослідженнях з розвитку багатокритеріального підходу до оцінки ефективності різних технічних систем, навпаки, в основному розглядаються конструктивні аспекти, де широко використовуються критерії: ефективність, вартість, час. При використанні умовного критерію переваги, а у якості показника ефективності бортових засобів вимірювання чи наземних засобів обробки результатів контролю – точності оцінки заданих параметрів, задача оптимізації СОК, що включає інформаційні і конструктивні аспекти, формулюється як задача підвищення точності виміру передбачених параметрів у заданий термін при наявних ресурсах.

Питання про доцільність застосування СОК, що розробляються, пов'язані з необхідністю вибору критерію ефективності, що дозволяє оцінювати і порівнювати конкуруючі варіанти.

Для оцінки ефективності, природно, використовуються відповідні величини, так звані показники ефективності комплексів з БПЛА.

Методичний апарат оцінки ефективності комплексів з БПЛА включає:

формування системи показників ефективності комплексів з БПЛА і визначення їх значень для конкретного випадку;

ранжирування комплексів з БПЛА за їх ефективністю.

Формування системи показників ефективності є основним елементом багатьох підходів до вирішення питання щодо оцінки ефективності будь-якого об'єкта (технічного, економічного, соціального тощо).

Система показників для оцінки ефективності БПАК поділяється на показники якості виконання завдання та технічного рівня комплексу.

Показники якості виконання завдання характеризують можливості комплексу і раціональність його застосування в конкретній ситуації.

Показники технічного рівня характеризують технічну досконалість комплексу. Вони є відносними характеристиками, що несуть інформацію про порівняння комплексу з найкращими зразками.

За глибиною впровадження технічних досягнень їх умовно можна розділити на дві групи показників, що є мірою використання:

досягнення технічного прогресу, що характеризують відповідність досліджуваного комплексу кращим світовим зразкам;

передові технічні рішення, досяжні в умовах, що склалися, і застосовуються для поліпшення властивостей комплексів.

Зазвичай ці показники відображають результати порівняльної оцінки модернізованих комплексів з базовими зразками. Показники обох груп класифікуються відповідно за тими ж ознаками, що і показники якості виконання завдань. При цьому вони є відносними, найчастіше представленими у вигляді відносних величин характеристик оцінюваного та базового комплексів [12].

При прийнятті рішення на розробку, впровадження або безпосереднє застосування комплексів з БПЛА має місце спроба сформулювати єдиний глобальний показник ефективності, відповідно до величини якого і здійснюється ранжування альтернатив. Однак слід

зазначити, що це можливо зробити лише в тих випадках, коли для конкретних умов у цій іпостасі можна використовувати один з часткових або обґрунтованих інтегральних показників з раніше описаними властивостями. У загальному випадку сформулювати глобальний показник не вдається. У таких випадках застосовуються математичні методи багатокритерійної оцінки, підтримувані використанням методів експертного оцінювання та опрацювання експертної інформації.

Існує декілька можливих напрямів зменшення непродуктивних витрат часу на отримання результатів обробки й аналізу ПІ.

Перший напрям – за рахунок використання мобільних програмно-апаратних комплексів, що дозволяє провести експрес-аналіз відразу після посадки БПЛА. Другий напрям пов'язаний з використанням технології одержання результатів контролю процесу інформації з бортового реєстратора. Для цих цілей можуть використовуватися експлуатаційні бортові накопичувачі. Об'єднання цих напрямів реалізовано в системах, що забезпечують запис ПІ в процесі польоту і можуть видавати результати експрес-аналізу відразу після посадки БПЛА.

Проте наведені системи не виключають необхідності доставляння ПІ в тому чи іншому вигляді до місця обробки і тому значного покращення ефективності не дають. Підвищення ефективності СОК можна досягти за рахунок використання дистанційної передачі ПІ з борту БПЛА на центр управління та обробки. Передача інформації може здійснюватися двома способами: протягом усього польоту в масштабі реального часу одночасно з процесом реєстрації інформації та після завершення польоту зі штатних бортових накопичувачів. Реалізація передачі ПІ на землю в масштабі реального часу призводить до зміни самої концепції проведення ОК як у конструктивному, так і в ідеологічному плані.

Конструктивно канал передачі інформації в темпі виконання польоту дозволяє об'єднати бортові системи реєстрації і наземні програмно-апаратні засоби обробки ПІ в єдиний інформаційно-вимірювальний комплекс (ІВК). Такий комплекс являє собою сукупність функціонально пов'язаних пристроїв, що поряд з вимірюваннями забезпечує все необхідне інформаційне обслуговування, включаючи

автоматичне збирання, перетворення, передачу, запам'ятовування, реєстрацію й обробку ПІ. Представлення бортової і наземної частини СОК як єдиного ІВК дозволяє розробляти всі складові за єдиним критерієм, що відбиває кінцеву мету ОК.

Можливість аналізу ПІ на землі в масштабі реального часу дозволяє попередити виникнення і розвиток критичних ситуацій у повітрі, що додає СОК принципово нової і дуже важливої для забезпечення безпеки польотів якості. Ймовірність інцидентів у результаті зіткнення з землею або іншими перешкодами буде значно знижена через наявність у обслуги БПАК повної інформації про параметри польоту БПЛА, в тому числі про їх точне місце розташування в будь-якій точці польотного завдання.

З інформаційної точки зору, проведення ОК спрямовано на зменшення невизначеності оцінки стану БПЛА, що повинне досягатися на основі раціонального сполучення формальних і неформальних методів оцінювання контрольованих параметрів і характеристик. Неформальні методи засновані на суб'єктивному підході, і ймовірність таких рішень залежить від багатьох чинників. Об'єктивна параметрична інформація, що отримана у польоті, є основою для застосування формальних методів. Початковою інформацією для формальних методів є вимірювані в процесі польоту значення параметрів. Ці параметри залежно від часу, який потрібно на ухвалення рішення, можуть бути поділено на дві групи:

параметри, оцінка яких виконується після завершення польоту (до них відносяться параметри, на яких ґрунтується прогноз стану БПЛА);

параметри, рішення про дійсні значення яких повинно бути прийняте в процесі проведення польоту (допуски на параметри цієї групи задаються в регламентних документах з експлуатації і пілотування БПЛА).

Ураховуючи специфічні особливості систем контролю і спираючись на загальні технічні вимоги до системи засобів контролю, сформуємо основні вимоги до СОК [7], [8]:

можливість взаємодії із зовнішніми базами даних;

максимально можлива машинна незалежність;
базові вимоги до рівня підготовки обслуги в питаннях СОК;
максимальна зручність використання;
коефіцієнт глибини пошуку відмови (глибини діагностування) не менше 0,9;
простота поповнення і коригування баз даних;
ймовірність контролю не нижче 0,85;
можливість роботи в масштабі реального часу;
появи помилкових відмов при контролі БПЛА менше 0,2;
можливість нарощування спроможностей системи;
для бортових систем, крім цього: мінімальні маса і габарити та максимальна швидкодія.

Зазначені вимоги мають деякі своєрідні аспекти, що властиві складним технічним об'єктам. При реалізації конкретної досконалої системи залежно від задач, що розв'язуються, деякі вимоги можуть не пред'являтися і деякі елементи системи можуть бути відсутніми.

Аналіз наявних систем та навантаження БПЛА визначає необхідність створення уніфікованої вітчизняної СОК БПАК шляхом розробки уніфікованих бортових і наземних засобів ОК, що дозволить підвищити безпеку застосування БПАК і надасть дієві інструменти для оцінки та прогнозування технічного стану БПЛА, аналізу повноти виконання польотного завдання і дій членів екіпажу.

Вирішення питання бортових засобів ОК як складової СОК БПАК можливе за рахунок побудови малогабаритного бортового реєстратора ПІ для БПЛА. Він повинен забезпечувати запис та зберігання інформації про параметри польоту, працездатність силових установок, систем та обладнання БПЛА і дії обслуги відповідно до визначених експлуатаційною документацією переліків параметрів для певного типу БПЛА та відповідного реєстратора. Повинна бути передбачена можливість передачі параметрів польоту, що реєструються бортовим реєстратором ПІ, на ПДП в реальному масштабі часу.

Для створення наземних засобів ОК в СОК БПАК повинні бути розроблені уніфіковані вимоги до їх ПДП в частині наземного комплексу обробки ПІ. Найбільш прийнятним шляхом оптимізації і стан-

дартизації в наземних пристроях, що застосовуються для обробки ПІ апаратних засобів, є розробка та постачання єдиного універсального програмно-апаратного комплексу обробки, який би підтримував функції та завдання наземних засобів обробки та дозволяв виконувати додаткові завдання шляхом введення окремих програмних модулів. Основою апаратної частини такого комплексу з технічної та економічної точки зору може бути ПЕОМ офісного призначення з комплектом відповідних інтерфейсних плат та універсальний пристрій перезапису, який забезпечував би зчитування з борту БПЛА ПІ усіх форматів, що застосовуються, у тому числі і мультимедійних (аудіо, відео).

Конструктивно СОК є складовою бортового обладнання БПАК, тому його ефективність є однією зі складових ефективності БО БПАК у цілому. Ефективність СОК, як і будь-яких технічних систем, є мірою ступеня їхньої відповідності заданому призначенню. Призначення СОК БПАК у самому загальному трактуванні полягає у забезпеченні контролю його стану в процесі експлуатації. Кінцевим результатом ОК є прийняття рішення про відповідність (невідповідність) технічних характеристик БПАК заданим вимогам. Це цілком погоджується з викладеною вище інтерпретацією ІВК БПАК як систем прийняття рішення. В свою чергу, рішення за результатами польоту є основою для прийняття подальших рішень з експлуатації БПАК.

Основною умовою високої ефективності ОК є досягнення високого ступеня ймовірності прийнятих рішень за кожним оцінюваним параметром польоту, оскільки допущені на цьому етапі помилки призводять до помилковості всіх наступних рішень і дій в процесі експлуатації БПАК за призначенням.

Ймовірність прийняття рішення відповідає всім основним вимогам, що висуваються до критеріїв ефективності: відображає основне призначення виконання ОК, має зрозумілий фізичний зміст, дозволяє кількісно оцінювати ефективність СОК тощо [11].

Для кожного вильоту БПЛА характерним є той факт, що виконання завдань здійснюється в умовах невизначеності, викликаної великою кількістю випадкових ситуацій (зовнішніх збурень). Сформоване рішення, оптимальне в середньому для визначеного класу ситуацій,

може виявитися не кращим у даній ситуації, тобто при виконанні деякого завдання. Таким чином, необхідно сформулювати принцип формування рішення, що забезпечує задану ефективність при виконанні завдань у процесі польоту.

Виходячи з матеріалів досліджень і враховуючи наявну класифікацію БПАК та вимоги керівних документів в цій галузі, можна запропонувати варіанти (схеми) побудови СОК для БПАК.

Перший варіант – це програмно-алгоритмічна реалізація ОК на наземній частині комплексу (на ПДП). Цей варіант більше характерний для апаратів I класу та іноді можливий для II класу.

Другий варіант – це реалізація ОК на самому борту БПЛА, коли апарати обладнуються бортовими засобами ОК, які реєструють параметри польоту. У цьому варіанті розглядається можливість передачі параметрів польоту в реальному масштабі часу на ПДП та накопичення її на борту для наступного процесу зйомки та аналізу після здійснення польоту. Він може бути використаний в основній масі для БПЛА II класу і повною мірою повинен бути реалізований для апаратів III класу.

Сучасні системи обробки, контролю та аналізу ПП розрізняють залежно від версій спеціалізованого програмного забезпечення з обробки та аналізу ПП, що обумовлене типами літальних апаратів та бортових реєстраторів, які експлуатуються в авіаційних підрозділах. Водночас, ці системи побудовані на базі ПЕОМ, що дає можливість їх централізованого використання шляхом утворення розподіленої мережі користувачів у загальному інформаційному полі з віддаленим сервером.

Викладений матеріал дає можливість вистроїти структурну схему перспективної системи (як варіант) здійснення об'єктивного контролю для БПАК (див. рисунок 1):

3. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Аналіз наявних систем та обладнання сучасних БПАК дає можливість чітко регламентувати використання їх для потреб побудови інформаційних систем БПАК та враховувати при створенні СОК відповідно до характеру покладених завдань, класифікації за функціональним призначенням.

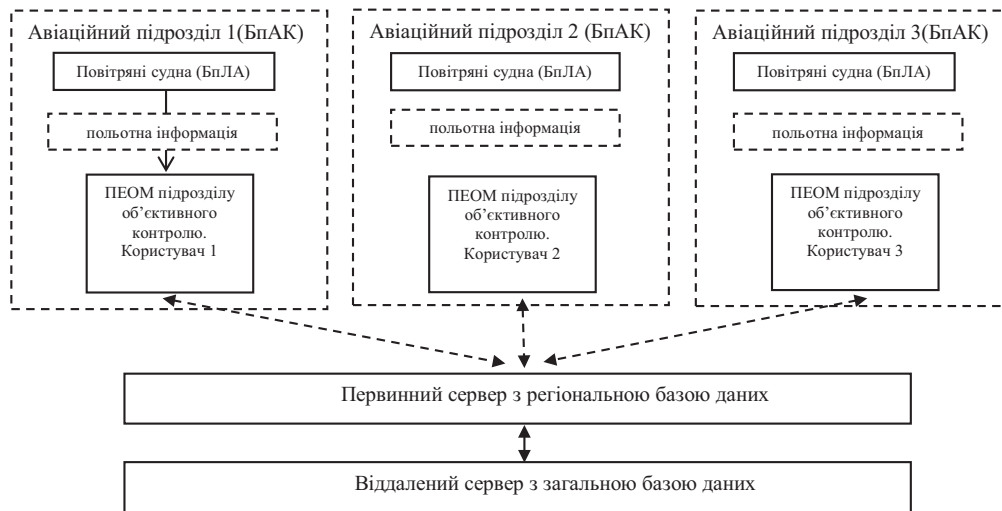


Рис. 1. Структурна схема перспективної системи здійснення об'єктивного контролю для БПАК

Проведені дослідження виявили, що для вироблення єдиного підходу в питаннях створення СОК сучасних БПАК необхідно на етапах формування тактико-технічного завдання на розробку та створення сучасних БПАК висувати обов'язкові технічні вимоги щодо забезпечення реєстрації максимально можливого масиву інформації про стан систем та обладнання БПЛА під час польоту, а також розробки програмно-алгоритмічного забезпечення для автоматизованої обробки і аналізу зареєстрованої інформації. Вирішення цього питання можливе за рахунок запропонованих варіантів реалізації системи ОК для БПАК.

Упровадження єдиної уніфікованої СОК в ЗС України дозволить підвищити безпеку застосування БПАК та надати дієві інструменти для оцінки та прогнозування технічного стану БПЛА, аналізу повноти виконання польотного завдання і дій членів екіпажу.

Список використаних джерел

1. Беспилотные летательные аппараты США. Приложение к информационно-аналитическому сборнику по материалам СМИ / под ред. Ю. Моисеинко. Запорожье : Издательский комплекс АО "МОТОР СІЧ", 2017. 139 с.
2. Цибатов В. А. Оптимизация бортовых систем сбора и обработки данных. Москва : Наука, 1983. 176 с.

3. ДСТУ В 7371:2013 Техніка авіаційна військової призначеності. Апарати літальні безпілотні. Основні терміни, визначення понять і класифікація. Київ : Держстандарт України, 2013.
4. Чекунов Е. Перспективы развития БЛА в США. *Зарубежное военное обозрение*, 2006. № 12. С. 44–47.
5. Краснов А., Путилин А. От разведки к боевым действиям. *Зарубежное военное обозрение*, 2004. № 5. С. 42–49.
6. Корнеев А. М. Бортовые регистраторы информации (проблемы эксплуатации, перспективы развития). *Проблемы безопасности полетов*. Москва : 1989. № 5. С. 30–43.
7. ГОСТ 1 00774-98 Система сбора и обработки полетной информации самолетов (вертолетов). Общие технические требования.
8. Правила об'єктивного контролю в державній авіації України (введена в дію наказом Міністерства оборони України від 03.12.2014 № 860).
9. Правила виконання польотів безпілотними авіаційними комплексами державної авіації України (введена в дію наказом Міністерства оборони України від 08.12.2016 № 661).
10. Харченко О. В., Кулешин В. В., Коцуренко Ю. В. Класифікація та тенденції створення безпілотних літальних апаратів військового призначення. *Наука і оборона*, 2005. № 1. С. 47–54.
11. Мартинов В. С., Паутинка В. М., Чепіженко В. І. Застосування даних об'єктивного контролю польотів у авіаційних частинах Військово-Повітряних Сил Збройних Сил України : методичній посібник. Випуск № 1145. Управління ГК ВПС ЗС України, 2004. 167 с.
12. Александров Л. Н., Круглов В. И, Кузнецов А. Г. Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем : учебное пособие. Москва : “ЛОГОС”, 2003. 736 с.

References

1. Moiseenko Y. (2017). Bepilotnyie letatelnyie apparaty SShA. [Unmanned aerial vehicles of the USA], *The appendix to the information-analytical collection on the materials of the media*, Publishing complex of MOTOR SICH JSC, Zaporozhye, p. 139. [in Ukrainian].
2. Tsibatov V. A. (1983). Optimizatsiya bortovyih sistem sbora i obrabotki daniy. [Optimization of on-board data acquisition and processing systems], Nauka, Moskva, p.176.

3. DSTU 7371:2013 (2013). *Tehnika aviatsiyna viyskovoyi pryznachenosti. Aparati litalni bezpilotni. Osnovni termini, viznachennya ponyat i klasifikatsiya.* [Military Aviation Technique. Unmanned aircrafts. Basic terms, definition of concepts and classification], Gosstandart of Ukraine, Kyiv, 14 p. [in Ukrainian].
4. Chekunov E. (2006). *Perspektivyi razvitiya BLA v SShA.* [Prospects for the development of UAV in the United States], *Foreign military review*, No.12, pp.44-47. [in Ukrainian].
5. Krasnov A. and Putilin A. (2004). *Ot razvetki k boevym deystviyam.* [From the flare to the fighting], *Foreign military review*, No. 5, pp. 42-49. [in Ukrainian].
6. Korneev A. M. (1989). *Bortovyye registratoryi informatsii (problemyi ekspluatatsii, perspektivyi razvitiya).* [On-board information recorders (operational issues, development prospects)], *Sat. Problems of Flight Safety*, Moskva, No.5, pp. 30-43.
7. OST 1 00774-98 (1998). *Sistema sbora i obrabotki poletnoy informatsii samoletov (vertoletov). Obschie tehniccheskie trebovaniya.* [The system for collecting and processing flight information of aircraft (helicopters). General technical requirements], 21 p.
8. Order of the Ministry of Defense of Ukraine (2014). *Pravila ob'ektivnogo kontrolyu v derzhavniy aviatsiyi Ukrayini.* [Rules of objective control in the state aviation of Ukraine]. Kyiv, No. 860. [in Ukrainian].
9. Order of the Ministry of Defense of Ukraine (2016). *Pravila vikonannya polotiv bezpilotnimi aviatsiynimi kompleksami derzhavnoyi aviatsiyi Ukrayini.* [The rules for carrying out flights by unmanned aviation complexes of state aviation of Ukraine]. Kyiv, No. 661. [in Ukrainian].
10. Kharchenko O. V., Kuleshin V. V. and Kutsurenko Y. V. (2005). *Klasifikatsiya ta tendentsiyi stvorennya bezpilotnih litalnih aparativ vsyskovogo pryznachen-nya.* [Classification and trends of the creation of unmanned aerial vehicles for military use]. *Science and defense*, No.1, pp. 47-54. [in Ukrainian].
11. Martynov V. S., Pautinka V. M., Chepizhenko V. I. (2004). *Zastosuvannya danih ob'ektivnogo kontrolyu polotiv u aviacijnih chastinah Vijskovo-Povitryanih Sil Zbrojnih Sil Ukrayini.* [Application of data of objective control of flights in aviation parts of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine], *Methodical Manual*, Issue No.1145. Office MC MAF AF of Ukraine, p.167. [in Ukrainian].
12. Aleksandrov L. N., Kruglov V. I. and Kuznetsov A. G. (2003). *Teoreticheskie osnovy ispytanij i eksperimentalnaya otrabotka slozhnyh tehniccheskih system.* [Theoretical bases of tests and experimental testing of complex technical systems], *Tutorial. LOGO*, Moskva, p. 736.

Sivak V., Andrushko N., Lyashenko V., Sivak V., Yasko V. Substantiation of directions of creation of system of objective control of modern unmanned aviation complexes and modernization of ground systems of information processing

The article reveals the current stage of development of unmanned aerial complexes and peculiarities of their use in the Armed Forces of Ukraine, which is, complicated by the lack of clear unambiguous requirements for the objective control of their flights.

The article determines that further improvement of unmanned aviation complexes is due to the use of modern information technologies. The studies were, performed by theoretical method.

The analysis of the existing systems and loading of unmanned aerial complexes determines the need to create a unified domestic system of objective control of unmanned aerial complexes by developing unified onboard and ground-based means of objective control. The conducted studies allowed us to determine the objectives of the objective control system, the possible applications and the technical requirements for it. Establishing a system of objective control of unmanned aerial complexes and its application in the Armed Forces of Ukraine is an urgent task.

The current stage of the development of the UAC and their use in the Armed Forces of Ukraine is complicated by the lack of clear, unambiguous requirements for the objective flight control of the UAV. Further improvement of the UAV is due to the use of modern information technologies, in particular new navigation systems, advanced equipment, effective power plants, various sensors, which allows the long-term use of such aircraft at different times of the day and under different weather conditions. In this case, the first priority is to control the technical state of the UAC. The research was carried out the theoretical method, through systematic analysis of scientific and technical literature, acting guidance documents in the direction of research and current practice in the organization and implementation of objective flight control. The analysis of existing systems and the load of the UAV determines the need to create a unified domestic system of objective control of the UAC by developing unified on-board and ground-based means of objective control, which will increase not only the safety of the use of UAC and will provide effective tools for assessing and predicting the technical state of the UAV, analysis the completeness of the flight task and the actions of crew members. The conducted researches allowed to determine tasks of the system of objective control, possible variants of application and technical requirements to it. The results of the research are proposed to be used to create the system of objective control of the UAC and its application in the Armed Forces of Ukraine.

Key words: information technologies; functional tasks; objective control; unification; technical requirements; implementation.