

# Теоретичні основи розробки систем озброєння

УДК 629.7.051

DOI: 10.30748/soivt.2018.54.09

М.В. Андрушко, С.В. Ратушний

*Державний науково-випробувальний центр Збройних Сил України, Чернігів*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ОБ'ЄКТИВНОГО КОНТРОЛЮ СУЧАСНИХ БпАК ТА УНІФІКАЦІЇ НАЗЕМНИХ СИСТЕМ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

*Сучасний етап розвитку безпілотних авіаційних комплексів (БпАК) та їх застосування у Збройних Силах України ускладнено відсутністю чітких однозначних вимог щодо здійснення об'єктивного контролю польотів БпЛА. Подальше удосконалення БпЛА проходить за рахунок застосування сучасних інформаційних технологій. Дослідження виконувалися теоретичним методом. Аналіз наявних систем та навантаження БпЛА визначає необхідність створення уніфікованої вітчизняної системи об'єктивного контролю БпАК шляхом розробки уніфікованих бортових і наземних засобів об'єктивного контролю. Проведені дослідження дозволили визначити завдання системи об'єктивного контролю, можливі варіанти застосування та технічні вимоги до неї. Створення системи об'єктивного контролю БпАК та її застосування в Збройних Силах України є найактуальнішою задачею.*

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

### Вступ

**Постановка проблеми.** Одним із елементів державної авіації є система об'єктивного контролю (СОК), роль якої суттєво зростає з ростом складності авіаційної техніки. Тому, для безпілотної авіації напрямки розвитку СОК повинні розглядатися тільки в нерозривному зв'язку з принципами розробки та функціонування перспективних безпілотні авіаційні комплекси (БпАК).

Аналіз локальних воєнних конфліктів останніх десятиріч і 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 літератури та останніх публікацій.** Сьогодні про яви сучасності посилюють вимоги до повноти інформаційного забезпечення процесів управління бойовими діями і як наслідок розширення вимог до авіаційних систем, як постачальників інформації про супротивника [2].

Сучасний етап розвитку техніки взагалі і техніки БпАК у частковості характеризується значним ростом 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 об'ємах які фізично не можуть прийняти застаріли 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 ПЕОМ. Без цього прийняття на озброєння нової системи БпАК є неможливим [4; 6].

Подальше удосконалення БпЛА проходить за рахунок застосування нових навігаційних систем, новітнього обладнання, ефективних силових установок, різного роду датчиків, що дає змогу довготривале застосування таких літальних апаратів в різну пору доби і при різних погодних умовах [1]. Засоби контролю, що встановлюються на борту БпЛА, як самостійні вироботи та вбудовані засоби контролю, а також ті, що поставляються у вигляді наземних комплексів, складають єдину систему засобів контролю БпАК.

Серед усього переліку встановлююмого нового обладнання 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 БпЛА робляться перші кроки по широкому впровадженню та уніфікації обміну даними між обладнанням та сис-

темами, що в недалекому майбутньому дозволить більш чітко обґрунтувати завдання та виділити контури майбутньої СОК БпАК. При цьому першочерговим завданням залишається контроль технічного стану БпЛА.

СОК БпАК повинна забезпечувати ухвалення рішення за кожним оцінюваним параметром з ймовірністю, не нижче заданої, при мінімальному часі доставки польотної інформації до місця обробки.

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

### **Викладення основного матеріалу**

Швидкий розвиток БпЛА дає можливість вирішувати задачі які до цих пір не вирішувалися, або дуже затратні в економічному плані. В наш час в зв'язку з мініатюризацією електронної техніки стало можливим установлювати на малі літальні апарати різноманітні вимірювальні прилади, а також оптичні засоби реєстрації, що дозволяє вести спостереження в різних хвильових діапазонах. На сучасному етапі розвиток авіації (в тому числі і БпЛА) в значній мірі визначається прогресом в галузі бортового радіоелектронного обладнання. Безперервно збільшується насиченість БпЛА різним обладнанням. Особлива увага приділяється бортовому радіоелектронному обладнанню для нових та модернізуємих БпЛА. Створення яких відбувається в умовах розширення завдань, що вирішуються БпЛА, ускладнення роботи зовнішнього екіпажу, збільшення номенклатури обладнання. Для контролю стану знову встановленого обладнання на борту БпЛА виникає необхідність введення нових каналів реєстрації інформації, удосконалення засобів і алгоритмів її обробки. Аналізуючи сучасні тенденції і напрямки 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.

Вже 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, реалізувати алгоритми управління обміном інформації. Підвищення швидкодії обчислювальних засобів, збільшення обсягу пам'яті, інтеграція обчислюваль-

ної 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].

В 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 грамотно їх експлуатував, вмів аналізувати дані об'єктивного контролю для оцінки своїх дій, дій підлеглих і роботи літального апарату БпАК.

Тому процес обладнання БпАК з впровадженням нових інформаційних систем в загальному дозволяє покращити ефективність їх бойового застосування та підвищити безпеку використання. Одночасно це веде до збільшення кількості форматів та об'єму 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 збору 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 по організації процесу обробки, так і по можливостям надання її результатів. Проте для врахування цих нових функціональних можливостей діючі 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 різносторонньої ПІ для підвищення безпеки польотів БпАК, а саме:

– дозволяють своєчасно і оперативно виявляти небезпечні фактори та тенденції в роботі техніки і експлуатуючих підрозділах та здійснювати інформування компетентних органів;

– здійснювати автоматизоване узагальнення результатів польотів з метою виявлення негативних тенденцій і факторів, що знижують рівень виконання завдань польотів;

– створюють умови для всебічного аналізу стану виконання завдань польотів та вироблення конкретних шляхів і програм запобігання зриву та не забезпечення виконання завдань польотів;

– надають широку інформаційну підтримку посадовим особам, які в своїй діяльності в тій чи іншій формі несуть відповідальність за виконання завдань польотів;

– посилюють контроль з боку керівного складу за показниками, що визначають завдання польотів, шляхом автоматизованого створення банку даних польотів та оперативного доступу до нього;

– дозволяють керівному складу оперативно у повному обсязі та наглядно здійснювати оцінку якості виконання зовнішніми пілотами (операторами) та членами екіпажу БпЛА завдання та оцінювати рівень їх підготовки;

– дозволяють здійснювати автоматизовану оцінку якості та повноти виконання польотного завдання;

– забезпечують використання наземних технічних засобів обробки польотних даних для тренажерної підготовки;

– дозволяють здійснювати інформаційне забезпечення технічної експлуатації БпАК та навчання зовнішніх пілотів (операторів) та членів екіпажу БпЛА.

На сьогодні фактично не опрацьовані питання ОК виконання польотів та контролю функціонування усіх систем і елементів БпАК, а також відсутні реалізовані алгоритми самоконтролю. Це є однією із вагомих причин небажання у військових активно використовувати вартісну техніку, яка стоїть на обліку, при умові відсутності чітко визначеного механізму та об'єктивних чинників підтвердження (визначення) істинних причин аварій, втрат та інших інцидентів з БпАК у військах.

Для проведення ґрунтового 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.

БпАК можуть застосовуватися як роздільно, так і інтегровано у різних комбінаціях, в залежності від їх корисного навантаження.

Враховуючи досвід проведення антитерористичної операції на сході нашої країни, для забезпечення ефективного вирішення завдань вогневого ураження противника, БпАК інтегрується 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 наступну класифікацію БпАК [9]:

За класами БпЛА БпАК:

Легкі (I клас): мікро (тактичні), міні (тактичні поля боя), малі (тактичні).

Середні (II клас): тактичні, оперативно-тактичні.

Важкі (III клас): оперативні, стратегічні.

За призначенням БпЛА БпАК:

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 сьогодні зростає увага на створення БпАК на основі сукупності БпЛА, що включає в себе наземну систему управління, технічні засоби забезпечення та обладнання і поєднані єдиним алгоритмічно-програмним продуктом.

Типовий склад комплексу з БпЛА повинен включати наступні 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 – в стаціонарному (мобільному – на базі автомобіля підвищеної прохідності з повним приводом) варіанті;

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

БпЛА включає в себе:

- носій (планер);
- силову установку (двигун);
- пілотажно-навігаційне обладнання (систему автоматичного управління, інтегральну інерційну навігаційну систему, вбудований супутниковий приймач (для комплексів з БпЛА оперативного та стратегічного застосування), бортовий накопичувач польотної інформації та ін.;
- технічні засоби забезпечення зльоту (посадки);
- комплекс засобів зв'язку і передачі даних;
- комплект уніфікованих модулів корисного навантаження;
- бортову навігаційну апаратуру споживача навігаційних супутникових систем типу GPS, ГЛОНАСС та ін.;
- апаратуру автоматичного залежного спостереження;
- засоби ОК та ін.

Склад засобів наземного обслуговування визначається з урахуванням класу і призначення комплексу з БпЛА і повинен включати наступні засоби:

- підготовки пуску і посадки БпЛА;
- управління польотом, прийому і обробки розв'язувальної інформації, зв'язку і передачі даних;
- програмно-апаратні, що забезпечують тренажну підготовку зовнішніх екіпажів;
- транспортування і життєзабезпечення.

До складу ПДП БпЛА повинні входити:

- автоматизовані робочі місця знаходження зовнішнього екіпажу БпЛА і корисного навантаження, автоматизованої (автоматичної) обробки отриманої інформації;

– апаратура обміну даними з БпЛА (в тому числі, збору інформації від корисного навантаження БпЛА);

– апаратура з'єднання з системою автоматизованого управління та системами зв'язку.

ПДП повинен будуватися на базі промислового захищеного ноутбуку з програмним забезпеченням і інтерфейсом, що дозволяє відстежувати поточний стан БпЛА на карті місцевості та контролювати його політ за допомогою набору віртуальних інструментів.

Ноутбук повинен задовольняти наступним технічним вимогам, як варіант:

- процесор IntelCore i5 (або еквівалент);
- ОЗП з об'ємом пам'яті не менше 4 Гб;
- жорсткий диск з об'ємом пам'яті не менше 2 Тб;
- ліцензійна операційна система Windows;
- ступінь захисту не нижче IP 54;
- ліцензійна антивірусна програма.

На СОК покладається загальне функціональне завдання, що визначається призначенням СОК БпЛА і може бути виконано шляхом розв'язання сукупності локальних функціональних завдань властивих елементам СОК. 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 використовують 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.

Таким чином, даний підхід, дозволяє визначити структуру функціональних завдань СОК БпЛА, а саме:

- функціональні завдання бази даних СОК БпЛА;
- функціональні завдання СОК БпЛА;
- функціональні завдання ПДП БпЛА;
- функціональні завдання експлуатантів (зовнішніх екіпажів) БпЛА.

Функціональними завданнями бази даних СОК БпЛА є:

– управління безпекою польотів БпЛА впровадженням алгоритмів обробки інформації, що стосується стану БпЛА зі складу БпЛА, правил їх експлуатації, рівня підготовки зовнішніх пілотів (операторів);

– передача та накопичення польотних даних до органів управління безпілотною авіацією центральних органів виконавчої влади та Збройних Сил України;

– ведення електронного документування роботи (формуляру) виробів зі складу БпЛА для контролю витрачання і планування використання експлуатантами ресурсу та аналізу технічного стану, якості виробництва і ремонту;

– надання управлінню безпілотною авіацією центральних органів виконавчої влади та Збройних Сил України узагальнених даних з безпеки польотів та причин її зниження для відпрацювання директивних документів з впровадження коригувальних дій.

Функціональними завданнями СОК БпЛА є:

– передача ПДП від контрольно-записуючої апаратури до ПДП БпЛА з метою її накопичення, обробки та аналізу;

- збирання ПІ від ПДП БпАК та експлуатантів (зовнішніх екіпажів) БпАК;
  - розробка і реалізація пропозицій з вдосконалення підготовки зовнішніх пілотів (операторів) БпАК та інженерно-технічного складу і підвищення рівня безпеки польотів;
  - вироблення оперативних рішень по виявленим небезпечним факторам та чинникам або їх наслідкам;
  - здійснення інформування експлуатантів (зовнішніх екіпажів) БпАК результатами обробки ПІ;
  - накопичення бази даних для аналізу тенденцій змін стану БпАК, оцінки рівня підготовки особового складу експлуатуючих підрозділів, ведення електронного документування роботи БпАК;
  - своєчасне виявлення випадків порушення безпеки польотів БпАК;
  - контроль підготовки авіаційної техніки до польотів та якості її експлуатації;
  - контроль послідовності, повноти та якості виконання польотних завдань БпАК;
  - підвищення відповідальності посадових осіб, щодо приховування фактів порушення безпеки польотів;
  - оперативне у повному обсязі надання до органів управління безпілотною авіацією центральних органів виконавчої влади та Збройних Сил України узагальнених даних з безпеки польотів БпАК і причин її зниження.
- Функціональними завданнями ПДП БпАК в СОК є:
- реєстрація отриманої інформації ОК;
  - централізована обробка та аналіз ПІ;
  - накопичення і систематизація ПІ окремих БпАК за період їх льотної роботи та БпЛА протягом всього терміну їх служби;
  - визначення якості виконання польотних завдань;
  - виявлення небезпечних чинників та факторів і підготовка пропозицій по виключенню їх дії або усунення;
  - оцінка і прогнозування технічного стану БпАК;
  - передача результатів обробки і аналізу ПІ по встановленій формі за командою в органи управління безпілотною авіацією центральних органів виконавчої влади та Збройних Сил України;
  - запобігання витоку інформації та її захист від несанкціонованого втручання;
  - аналіз і систематизація порушень працездатності і правил експлуатації БпАК;
  - розробка заходів щодо підвищення надійності та якості експлуатації БпАК;
  - узагальнення результатів контролю ПІ щодо працездатності і експлуатації БпАК;

– участь у розробці пропозицій та рекомендацій з вдосконалення підготовки особового складу, що експлуатує БпАК і засобів забезпечення польотів БпЛА.

Функціональними завданнями експлуатантів (зовнішнього екіпажу) БпАК є:

- перезапис зареєстрованої інформації з бортових накопичувачів СОК БпЛА;
- створення копії отриманої інформації та її передача разом із службовими відмітками визначеними каналами зв'язку до ПДП БпАК для обліку в загальній інформаційній базі даних;
- обробка та аналіз ПІ як стаціонарно так і за допомогою віддаленого серверу;
- накопичення і систематизація ПІ окремих БпАК за період їх льотної роботи і БпЛА протягом всього терміну їх служби;
- участь в розробці пропозицій та рекомендацій з вдосконалення підготовки фахівців, що експлуатують БпАК;
- визначення послідовності, повноти та якості виконання польотних завдань БпАК;
- виявлення небезпечних чинників та факторів і підготовка пропозицій з виключення їх дії або усунення;
- передача результатів обробки і аналізу ПІ, згідно з встановленою формою, за командою до органів управління безпілотною авіацією центральних органів виконавчої влади та Збройних Сил України;
- запобігання витоку інформації та її захист від несанкціонованого втручання.

Задача 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 використовується критерій: 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. Слід зазначити, що ефективність комплексів з БпЛА в загальному випадку оцінюється не одиночною величиною, а безліччю показників. Вибір цих показників формується для кожного випадку застосування комплексів шляхом підбору таких із всієї безлічі характеристик комплексів і їх можливостей щодо виконання завдання, що стоїть у відповідності з характером домінуючих чинників. Слід також мати на увазі, що оцінка ефективності комплексів з БпЛА, в першу чергу, спрямована на пошук найкращої альтернативи з їх визначеної безлічі, в якості елементів якого виступають різні типи або варіанти виконання комплексу. Метою ж оцінки є їх ранжування по раціональності використання в конкретній ситуації.

Таким чином, 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 по їх ефективності.

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

Система показників для оцінки ефективності БпАК поділяються на показники:

- якості виконання завдання;
- 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:

- досягнень технічного прогресу і характеризують відповідність досліджуваного комплексу кращим світовим зразкам;

- передових технічних рішень, досяжних 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 признаками, що і показники якості виконання завдань. При цьому вони є

відносними, найчастіше, представленими у вигляді відносних величин характеристик оцінюваного та базового комплексів [12].

Звичайне прагнення осіб, котрі приймають рішення на розробку, впровадження або безпосереднє застосування комплексів з БпЛА, полягає в спробі сформулювати єдиний глобальний показник ефективності, відповідно до величини якого і здійснюється ранжування альтернатив. Однак слід зазначити, що це зробити можна лише в тих рідкісних випадках, коли для конкретних умов у цій іпостасі можна використовувати один з часних або обґрунтованих інтегральних показників з раніше описаними властивостями. В загальному випадку сформулювати глобальний показник не вдається. У таких випадках застосовуються математичні методи багатокритерійної оцінки, підтримувані використанням методів експертного оцінювання та проробки експертної інформації.

Існує декілька можливих напрямків зменшення непродуктивних витрат часу на отримання результатів обробки і аналізу ПІ.

Перший напрямок – за рахунок використання мобільних програмно-апаратних комплексів, що дозволяє провести експрес-аналіз відразу після посадки БпЛА.

Інший напрямок зв'язаний з використанням технології одержання результатів контролю процесу інформації з бортового реєстратора. Для цих цілей можуть використовуватися експлуатаційні бортові накопичувачі.

Об'єднання цих напрямків реалізовано в системах, що забезпечують запис ПІ в процесі польоту і можуть видавати результати експрес-аналізу відразу після посадки БпЛА. Але наведені системи не включають необхідності доставки 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. При цьому передача інформації може здійснюватися двома способами:

- протягом всього польоту в масштабі реального часу одночасно з процесом реєстрації інформації;
- 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 зовнішнього екіпажу 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 в залежності 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 регламентуючих документах з експлуатації і пілотування БпЛА).

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

– можливість взаємодії з зовнішніми базами даних;

– максимально можлива машинна незалежність;

– базові вимоги до рівня підготовки зовнішнього екіпажу 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:

– мінімальна вага і габарити;

– максимальна швидкодія.

Зазначені вимоги носять деякий своєрідний характер, що властиво вимогам, запропонованим до складних об'єктів. При реалізації конкретної досконалої системи в залежності 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 не тільки безпеку застосування БпАК і надасть дієві інструменти для оцінки та прогнозування технічного стану БпЛА, аналізу повноти виконання польотного завдання і дій членів екіпажу.

Вирішенням питання бортових засобів ОК, як складової СОК БпАК, є побудова малогабаритного бортового реєстратора ПІ для БпЛА. Малогабаритний бортовий реєстратора ПІ БпЛА повинен забезпечувати запис та зберігання інформації про параметри польоту, працездатність силових установок, систем та обладнання БпЛА і дії зовнішнього екіпажу 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 ПДП БпАК в частині наземного комплексу обробки ПІ. Найбільш прийнятним шляхом оптимізації і стандартизації застосовуваних в наземних пристроях обробки ПІ апаратних засобів є розробка та прийняття на постачання єдиного універсального програмно-апаратного комплексу обробки, який би підтримував функції та завдання прийнятих на постачання 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 читування з борту БпЛА ПІ усіх застосовуваних форматів, у тому числі і мультимедійної (аудіо, відео).

Конструктивно СОК є складовою частиною бортового обладнання БпАК, тому його ефективність є однією зі складових частин 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 складається в 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. 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 висувуються 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, викликаній 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 даних досліджень і виходячи класифікацію БпАК та вимоги керівних документів в цій галузі, можна запропонувати наступні варіанти (схеми) побудови СОК для БпАК.

Перший варіант це чисто програмно – алгоритмічна реалізація ОК на наземній частині комплексу (на ПДП). Цей варіант характерний більш всього для БпАК I класу та іноді можливий для II класу.

Другий варіант це реалізація ОК на самому борту БпЛА. БпЛА обладнуються бортовими засобами ОК, які реєструють параметри польоту. В цьому варіанті розглядається можливість передачі параметрів польоту в реальному масштабі часу на ПДП та накопичення її на борту для наступного зйому та аналізу після здійснення польоту. Він може бути використаний в основній масі для БпЛА II класу і в повній мірі повинен бути реалізований для БпЛА III класу.

Сучасні системи обробки, контролю та аналізу ПП розрізняють в залежності 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 в загальному інформаційному полі з віддаленим сервером.

Викладений матеріал дає можливість вистроїти структурну схему перспективної системи (як варіант) здійснення об'єктивного контролю для БпАК (рис. 1).

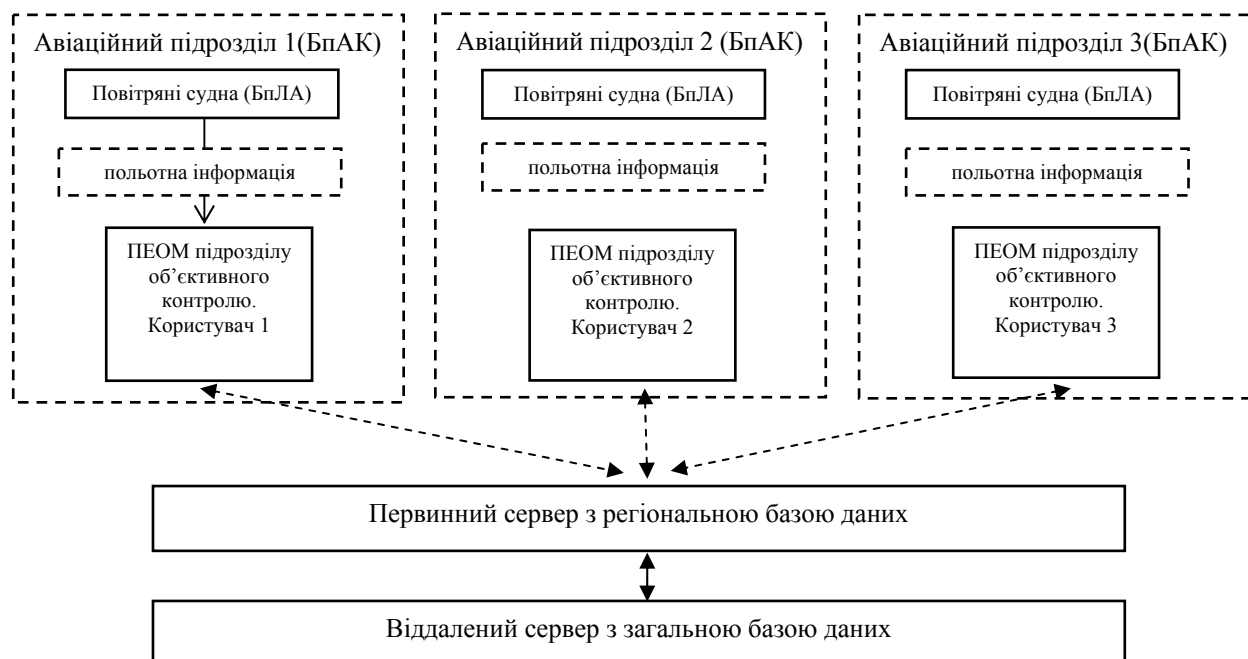


Рис. 1. Структурна схема перспективної системи здійснення об'єктивного контролю для БпАК



## Висновок

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 характеру покладених завдань у відповідності до класифікації за функціональним призначенням.

Проведені дослідження показали, 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 можливо за рахунок запропонованих варіантів реалізації системи ОК для БпАК. Впровадження єдиної уніфікованої СОК в ЗС України дозволить підвищити не тільки безпеку застосування БпАК та надасть дієві інструменти для оцінки та прогнозування технічного стану БпЛА, аналізу повноти виконання польотного завдання і дій членів екіпажу.

## Список літератури

1. Беспилотные летательные аппараты США. Приложение к информационно-аналитическому сборнику по материалам СМИ / под ред. Ю. Моисеенко. – Запорожье: Издательский комплекс АО "МОТОР СИЧ", 2017. – 139 с.
2. Цибатов В.А. Оптимизация бортовых систем сбора и обработки данных / В.А. Цибатов. – М.: 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 / Е. Чекунов // Зарубежное военное обозрение. – 2006. – № 12. – С. 44-47.
5. Краснов А. От разведки к боевым действиям / А. Краснов, А. Путилин // Зарубежное военное обозрение. – 2004. – № 5. – С. 42-49.
6. Корнеев А.М. Бортовые регистраторы информации (проблемы эксплуатации, перспективы развития) / А.М. Корнеев // Сб. Проблемы безопасности полетов. – М.: 1989. – № 5. – С. 30-43.
7. ОСТ 1 00774-98 Система сбора и обработки полетной информации самолетов (вертолетов). Общие технические требования. – 21 с.
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. Класифікація та тенденції створення безпілотних літальних апаратів військового призначення / О.В. Харченко, В.В. Кулешин, Ю.В. Коцуренко // Наука і оборона. – 2005. – № 1. – С. 47-54.
11. Застосування даних об'єктивного контролю польотів у авіаційних частинах Військово-Повітряних Сил Збройних Сил України: метод. Посіб. / В.С. Мартинов, В.М. Паутинка, В.І. Чепіженко, І.П. Коровін, Л.Г. Агамов, В.М. Негієвич, Л.В. Семенова. – Вип. № 1145. Управління ГК ВПС ЗС України, 2004. – 167 с.
12. Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем: учеб. пособ. / Л.Н. Александров, В.И. Круглов, А.Г. Кузнецов и др. – М.: "ЛОГОС", 2003. – 736 с.

## References

1. Moiseenko, Y. (2017), "Bespilotnyie 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, 139 p.
2. Tsiatov, V.A. (1983), "Optimizatsiya bortovyih sistem sbora i obrabotki dannyih", [Optimization of on-board data acquisition and processing systems], Nauka, Moscow, 176 p.
3. DSTU 7371:2013 (2013), "Tehnika aviatsiynna viyskovoyi pryznachenosti. Aparaty litalni bezpilotni. Osnovni termini, vyznachennya ponyat i klasifikatsiya", [Military Aviation Technique. Unmanned aircrafts. Basic terms, definition of concepts and classification], Gosstandart of Ukraine, Kyiv, 14 p.
4. Chekunov, E. (2006), "Perspektivy razvitiya BLA v SShA", [Prospects for the development of UAV in the United States], Foreign military review, No. 12, pp. 44-47.
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.
6. Korneev, A.M. (1989), "Bortovyye registratory informatsii (problemy ekspluatatsii, perspektivy razvitiya)", [On-board information recorders (operational issues, development prospects)], Sat. Problems of Flight Safety, Moscow, No. 5, pp. 30-43.
7. OST 1 00774-98 (1998), "Sistema sbora i obrabotki poletnoy informatsii samoletov (vertoletov). Obschie tehnicheckie 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 aviatsiyni Ukraini", [Rules of objective control in the state aviation of Ukraine], Kyiv, No. 860.
9. Order of the Ministry of Defense of Ukraine (2016), "Pravila vikonannya polotiv bezpilotnimi aviatsiynimi kompleksami derzhavnoyi aviatsiyni Ukraini", [The rules for carrying out flights by unmanned aviation complexes of state aviation of Ukraine], Kyiv, No. 661.

10. Kharchenko, O.V., Kuleshin, V.V. and Kutsurenko, Y.V. (2005), "Klasifikatsiya ta tendentsiyi stvorenniya bezpilotnih litalnih aparativ vsyskovogo pryznachennya", [Classification and trends of the creation of unmanned aerial vehicles for military use], *Science and defense*, No. 1, pp. 47-54.

11. Martynov, V.S., Pautinka, V.M., Chepizhenko, V.I., Korovin, I.P., Agamov, L.G., Negievich, V.M. and Semenova, L.V. (2004), "Zastosuvannya danih ob'yektivnogo 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, 167 p.

12. Aleksandrov, L.N., Kruglov, V.I. and Kuznetsov, A.G. (2003), "Teoreticheskie osnovy ispytaniy i eksperimentalnaya obrabotka slozhnyh tehniceskikh sistem", [Theoretical bases of tests and experimental testing of complex technical systems], Tutorial, LOGO, Moscow, 736 p.

Надійшла до редколегії 7.05.2018

Схвалена до друку 19.06.2018

#### Відомості про авторів:

##### Андрушко Микола Васильович

старший науковий співробітник  
Державного науково-випробувального центру  
Збройних Сил України,  
Чернігів, Україна  
<https://orcid.org/0000-0001-5454-778X>

##### Ратушний Сергій Васильович

провідний інженер-випробувач  
Державного науково-випробувального центру  
Збройних Сил України,  
Чернігів, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-1567-0501>

#### Information about the authors:

##### Nikolai Andrushko

Senior Research Associate  
of State Research Test Centre  
Armed Forces of Ukraine,  
Chernigov, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0001-5454-778X>

##### Sergei Ratushny

Leading test Engineer  
of State research test centre  
Armed Forces of Ukraine,  
Chernigov, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-1567-0501>

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПУТЕЙ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ОБЪЕКТИВНОГО КОНТРОЛЯ СОВРЕМЕННЫХ БПЛА И УНИФИКАЦИИ НАЗЕМНЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Н.В. Андрушко, С.В. Ратушний

Современный этап развития БПЛА и их применение в Вооруженных Силах Украины затруднено отсутствием четких однозначно требований по осуществлению объективного контроля полетов БПЛА. Дальнейшее усовершенствование полетов БПЛА проходит за счет применения современных информационных технологий, прежде всего новых навигационных систем, новейшего оборудования, эффективных силовых установок, различного рода датчиков, что дает возможность долгосрочного применения таких летательных аппаратов в разное время суток и при разных погодных условиях. При этом первоочередное задание остается контроль технического состояния БПЛА. Исследование производилось теоретическим методом, путем системного анализа научно-технической литературы, действующих руководящих документов по направлению исследований и действующей практики при организации и осуществлении объективного контроля полетов. Анализ имеющихся систем и нагрузки БПЛА определяет необходимость создания унифицированной отечественной системы объективного контроля БПЛА путем разработки, унифицированных бортовых и наземных средств объективного контроля, что позволит повысить не только безопасность применения БПЛА и предоставит действенные инструменты для оценки и прогнозирования технического состояния БПЛА, анализ полноты выполнения полетного задания и действий членов экипажа. Проведенные исследования позволили определить задания системы объективного контроля, возможные варианты применения и технические требования к ней. Результаты исследований предлагаются использовать для создания системы объективного контроля БПЛА и её применение в Вооруженных Силах Украины.

**Ключевые слова:** информационных технологий, функциональные задачи, объективный контроль, унификация, технические требования, реализация.

## INVESTIGATION OF THE WAYS OF CREATING THE SYSTEM OF OBJECTIVE CONTROL OF THE MODERN UAV AND UNIFICATION OF THE LAND SYSTEMS FOR PROCESSING INFORMATION

N. Andrushko, S. Ratushny

The current stage of the development of the UAV 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 UAV. 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 UAV by developing unified on-board and ground-based means of objective control, which will increase not only the safety of the use of UAV 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 UAV and its application in the Armed Forces of Ukraine.

**Keywords:** information technologies, functional tasks, objective control, unification, technical requirements, implementation.