

УДК 629.7

А.В. Приймак, Я.В. Дар'їн, Д.М. Стрюк, А.А. Слободянюк

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## АНАЛІЗ ДОЦІЛЬНОСТІ СТВОРЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ ЦИВІЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

В роботі з використанням окремих положень теорії масового обслуговування виконано аналіз доцільності створення і застосування багатофункціональних безпілотних авіаційних комплексів цивільного призначення для вирішення різномірних задач.

**Ключові слова:** безпілотний авіаційний комплекс, застосування, задачі, економічність, багатофункціональність, система масового обслуговування, доцільність.

### Вступ

**Аналіз та актуальність проблеми.** Питання створення безпілотних авіаційних комплексів (БпАК) цивільного призначення сьогодні все частіше обговорюється спеціалістами та аналітиками різних країн. Проблема розглядається з різних позицій:

– безпілотні авіаційні комплекси – альтернатива пілотованій авіації;

– безпілотні авіаційні комплекси – рівноправне доповнення до пілотованої авіації;

– безпілотні авіаційні комплекси – самостійний вид авіаційної техніки, призначений для вирішення цілком конкретних, притаманних лише їй задач.

Безумовно вказані точки зору мають відповідне підґрунтя. Однак аналіз останніх успіхів у створенні БпАК дозволяє все ж таки стверджувати, що з часом вони займуть провідне місце при виконанні більшості задач, які сьогодні є прерогативою виключно пілотованої авіації.

Дійсно, коло задач, що вирішуються сучасними БпАК, із року в рік зростає. Якщо в середині та другій половині минулого століття застосування даних комплексів розглядалося лише з точки зору вирішення задач ведення повітряної розвідки, цілевказання та забезпечення задач бойової підготовки пілотованої авіації і обмежувалось наявністю відповідних технологій, то сьогодні технічні проблеми все частіше відходять на другий план, звільняючи місце питанням економічної доцільності [1].

Говорячи про цивільне застосування БпАК слід відмітити, що дані питання сьогодні стоять надзвичайно гостро та актуально. Це пояснюється зростанням площ моніторингу та кількості цивільних об'єктів, що потребують оперативної перевірки. В той же час, існуючі засоби моніторингу не задовольняють споживачів інформації по тим чи іншим важливим показникам [2]:

– космічні системи – по показникам безперервності та дальності спостереження;

– авіаційні системи – за економічними показниками;

– наземні системи – по показникам продуктивності, що й пояснює активне опрацювання питання застосування безпілотної авіації цивільного призначення (підкласи civil UAV і commercial UAV).

**Метою роботи** є визначення найбільш імовірних шляхів забезпечення економічної доцільності застосування спеціалізованих та багатофункціональних БпАК в цивільній сфері.

### Основна частина

Перше та надзвичайно важливе питання, з яким часто приходится стикатися при обговоренні вказаних проблем є нерозуміння деякими дослідниками чіткої різниці між військовими та цивільними БпАК. Однак вона очевидна й визначається тим переліком задач, що визначені для виконання даними типами безпілотних комплексів, і які безпосередньо відображаються на їх архітектоніці та загальних вимогах до них [3, 4].

Згідно із прийнятою на Заході класифікацією до підкласу civil UAV відносяться окрім чисто спеціалізованих й літальні апарати, призначені для вирішення окремих задач в інтересах державних та приватних (комерційних) структур (рис. 1). Це переважно задачі патрулювання, охорони та захисту різних об'єктів, зон, супроводження об'єктів, спостереження за місцями скупчення людей, виконання пошукових операцій тощо, які до речі сьогодні вирішуються органами Міністерства внутрішніх справ, Міністерства надзвичайних ситуацій, Державної прикордонної служби України тощо. Ці безпілотні літальні апарати (БПЛА), а отже й БпАК, до яких відносяться вказані БПЛА, по своїй структурі подібні до БПЛА й БпАК військового призначення. Але є й відмінності, і вони досить суттєві.

Безпілотні авіаційні комплекси цивільного призначення повинні використовуватися регулярно та тривалий час, а тому основною вимогою до них має бути забезпечення підвищених, у порівнянні із військовими, показників економічності застосування БПЛА та комплексу в цілому.



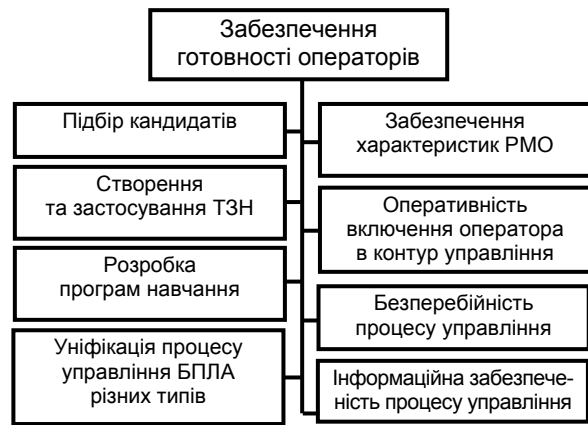
Рис. 1. Характеристика потреби у цивільних БпАК в Україні

Говорячи про показники економічності при застосуванні БпАК в цивільній сфері слід мати на увазі, що їх високий рівень може бути досягнуто завдяки розробці відповідних заходів одночасно по декільком напрямкам. Це переважно заходи, що спрямовані на забезпечення готовності оператора до застосування (рис. 2, а) та заходи із забезпечення конструктивної та експлуатаційної досконалості (рис. 2, б). При цьому вважається, що готовність оператора буде забезпечена, якщо будуть реалізовані заходи із забезпечення якісної підготовки операторів, заходи спрямовані на забезпечення відповідних характеристик робочих місць операторів (РМО), їх уніфікація для забезпечення можливості залучення операторів без суттєвої перепідготовки до управління БПЛА різного призначення, а також заходи спрямовані на забезпечення характеристик доступу оператора до управління БПЛА та його інформаційного забезпечення.

Стосовно ж заходів забезпечення конструктивної та експлуатаційної досконалості, то вони спрямовані, в першу чергу, на зменшення витратних характеристик як в процесі застосування БпАК, так і в процесі його обслуговування та підготовки до застосування. Часто в якості ще одного напрямку зменшення затратності

використання безпілотних комплексів розглядається їх універсалізація. При цьому розробниками акцентується увага на можливостях одночасного виконання конкретними БПЛА, а отже й БпАК певної кількості різнорідних задач (властивість багатofункціональності). У споживачів створюється враження, що вони за одні й ті ж кошти можуть отримати комплекс із багатofункціональними БПЛА, кожен з яких спроможний замінити зразу декілька спеціалізованих БПЛА.

Насправді ж це лише враження. По-перше, якісний багатofункціональний комплекс та БПЛА в його складі не можуть коштувати стільки ж, скільки коштує спеціалізований БпАК та БПЛА. І цьому мають бути об'єктивні передумови, пов'язані переважно із необхідністю забезпечення відповідних льотно-технічних характеристик БПЛА при збільшенні ваги корисного навантаження та необхідністю внесення додаткових змін в сам комплекс. По-друге, ми не можемо очікувати кратного (в 2, 3... рази) зменшення кількості універсальних БПЛА для виконання одних і тих же задач по відношенню до випадку використання спеціалізованих БПЛА. Це твердження може бути доведено на основі моделювання процесу застосування БПЛА із використанням теорії масового обслуговування.



ТЗН – технічні засоби навчання  
а



б

Рис. 2. Напрямки забезпечення високих економічних показників БпАК цивільного призначення

Розглянемо процес застосування БПЛА для вирішення одночасно декількох задач з позиції моделювання системи масового обслуговування з відмовами [5].

Ця система характеризується наявністю  $n$ -ї кількості однакових каналів обслуговування, на вхід яких поступають вимоги на виконання відповідних завдань, та відсутністю черги. При цьому, якщо в момент отримання чергової вимоги на виконання завдань у нас відсутні вільні БПЛА, то дана вимога автоматично відхиляється. Тобто маємо умову:

$$\lambda_v = \begin{cases} \lambda, & \text{якщо } i \leq n \\ 0, & \text{якщо } i > n \end{cases} \quad (1)$$

де  $\lambda$  – інтенсивність поступання вимог на вирішення різнорідних завдань;  $i$  – кількість вимог на виконання різнорідних завдань, що поступає в систему в певний момент часу.

Інтенсивність обслуговування однієї вимоги ( $\mu$ ) може бути знайдена із аналізу застосування БПЛА. При цьому

$$\mu = 1/\bar{T}_3, \quad (2)$$

де  $\bar{T}_3$  – середня тривалість виконання завдання.

Інтенсивності  $\lambda$  та  $\mu$  визначають режим роботи системи масового обслуговування, який характеризується коефіцієнтом завантаження системи  $\rho$ , що може бути визначений із виразу:

$$\rho = \frac{\lambda i}{\mu}, \quad i = 1 \dots n. \quad (3)$$

Граничною імовірністю того, що усі  $n$  БПЛА будуть зайняті, є імовірність відмови системи (в даному випадку БпАК) в обслуговуванні наступної вимоги. Вона може бути визначена із виразу:

$$P_{\text{відм}} = \frac{\rho^n}{n!} p_0 = \frac{\rho^n}{n!} \left[ \frac{1}{1 + \rho + \frac{1}{2!}\rho^2 + \dots + \frac{1}{n!}\rho^n} \right], \quad (4)$$

де  $p_0$  – імовірність простою усієї  $n$ -ї кількості БПЛА.

Таким чином, задача полягає у визначенні кількості БПЛА, для яких при заданих значеннях коефіцієнта  $\rho$ , буде забезпечуватися значення відносної пропускної здатності на рівні 1,0 (усі 100% вимог будуть задоволені).

Відносна пропускна здатність ( $Q_{\text{зв}}$ ) може бути знайдена із виразу:

$$Q_{\text{зв}} = 1 - P_{\text{відм}}, \quad (5)$$

Нижче, на рис. 3 наведені результати розрахунків за (3)-(5) кількості БПЛА для умови досягнення рівня  $Q_{\text{зв}} = 1,0$ .

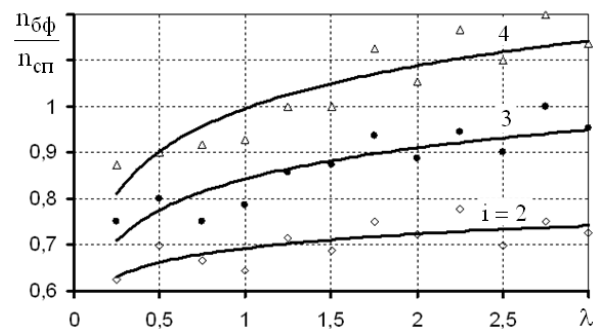


Рис. 3. Розрахунок співвідношення кількості багатофункціональних та спеціалізованих БПЛА для виконання різнорідних завдань ( $\mu = 1, i = 2 \dots 4$ ):

$n_{\text{бф}}$  – кількість багатофункціональних БПЛА;  
 $n_{\text{сп}}$  – кількість спеціалізованих БПЛА

Отримані результати свідчать, що відповідна кратність при застосуванні багатофункціональних БПЛА та комплексів можлива лише для випадку одночасного використання усіх закладених в них можливостей, що є характерним для випадку виконання споріднених задач. Що ж стосується різнорідних задач, то виконання переважної більшості з них рознесено як у часі, так і в просторі, що, до речі, і є основною причиною порушення кратності.

Моделювання процесу застосування БпАК свідчить, що із зростанням інтенсивності надходження вимог щодо виконання завдань співвідношення між БПЛА  $n_{\text{бф}}/n_{\text{сп}} \rightarrow 1,0$ . Це пов'язано із більш швидким зростанням завантаженості системи  $\rho$  у порівнянні із зменшенням імовірності простою системи

$p_0$ . Ще значніше зростання співвідношення між БПЛА маємо для випадку застосування БПЛА із ступенями функціональності більшими 1,0 (на рисунку  $i = 2...4$ ). Можна бачити, що вже починаючи з кількості задач  $i = 3$  (моделювання застосування БпАК із БПЛА призначених для виконання 3-х різнорідних задач) для великих значень  $\lambda$  втрачається будь-який сенс використання багатофункціональних комплексів. Більш того, для  $i = 4$ , потрібна кількість багатофункціональних БПЛА перевищує кількість спеціалізованих вже при  $\lambda = 1,0 - 1,5$  (співвідношення  $n_{\text{бф}}/n_{\text{сп}} > 1,0$ ). Пояснення цьому можна отримати, якщо врахувати, що окремі задачі багатофункціональним БПЛА вирішуються послідовно, а отже відповідним чином збільшується середній час  $\bar{T}_3$  виконання задачі. Відповідно до кількості задач, що потребують вирішення із застосуванням багатофункціональних БПЛА, збільшується навантаження на систему. Часові обмеження при виконанні різнорідних завдань і є причиною необхідності додаткового залучення БПЛА. Для забезпечення  $n_{\text{бф}}/n_{\text{сп}} < 1,0$  (умови рентабельності створення багатофункціональних БПЛА) необхідно покращувати характеристики БПЛА в сторону збільшення швидкості та висоти польоту, покращувати характеристики корисного навантаження тощо. До того ж, у зв'язку із збільшеними навантаженнями на БПЛА, потрібно розглянути можливість суттєвого збільшення ресурсних показників конструкції та систем літального апарату шляхом суттєвого збільшення їх надійності.

### Висновки

1. Створення сучасних БпАК цивільного призначення для вирішення різнорідних задач в інтересах силових структур, інших міністерств та відомств України, а також в інтересах окремих комерційних структур набуває сьогодні особливої актуальності, що потребує термінового вирішення ряду серйозних проблем технічного та організаційного характеру.

2. В роботі показано, що основою вирішення більшості існуючих проблем, пов'язаних із можливістю застосування БпАК для вирішення задач в інтересах цивільних міністерств та відомств, є досягнення відповідних показників економічності за рахунок забезпечення готовності операторів, забезпечення конструктивної та експлуатаційної досконалості.

3. В роботі доведена повна неспроможність ідеї створення багатофункціональних БПЛА цивільного призначення для вирішення різнорідних задач.

На наш погляд, більш перспективним напрямком зменшення затратності при створенні та застосуванні БпАК цивільного призначення, може бути уніфікація БПЛА – діяльність по раціональному скороченню кількості БПЛА, як платформ для встановлення корисного навантаження різного цільового призначення.

### Список літератури

1. Звіт про НДР на тему «Створення інформаційно-довідкової системи основних тактико-технічних характеристик безпілотних літальних апаратів». Шифр «Система». – X.: ХУ ПС, 2007. – 121 с.
2. Каргопольцев В.А. Проблемы создания беспилотной гражданской авиации. / В.А. Каргопольцев, В.А. Подобедов // Полет. – 2007. – № 11. – С. 11-15.
3. Лукашев Э.П. Архитектура беспилотных комплексов. Впечатления от выставки «Беспилотные многоцелевые комплексы в интересах ТЭК UVS-TECH-2008» /Э.П. Лукашева, А.А. Силкин, Н.В. Чистяков: [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://dpla.ru/UVS-TECH-2008.htm>.
4. Чистяков Н.В. Архитектура комплексов тактических ДПЛА и геостратегическое положение пользователя / Н.В. Чистяков // Мат-лы семинара "Проблемы проектирования комплексов беспилотных летательных аппаратов" – Минск: Военная Академия Республики Беларусь, 23 мая 2006 года. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dpla.ru/arch20060523.htm>.
5. Кориунов Ю.М. Математические основы кибернетики / Ю.М. Кориунов. – М.: Энергия, 1980. – 424 с.

Надійшла до редколегії 29.09.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.А. Калкаманов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### АНАЛИЗ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ СОЗДАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ГРАЖДАНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А.В. Приймак, Я.В. Дар'ин, Д.М. Стрюк, А.А. Слободянюк

В работе с использованием отдельных положений теории массового обслуживания выполнен анализ целесообразности создания и применения многофункциональных беспилотных авиационных комплексов гражданского назначения для решения разнородных задач.

**Ключевые слова:** беспилотный авиационный комплекс, применение, задачи, экономичность, многофункциональность, система массового обслуживания, целесообразность.

### ANALYSIS OF EXPEDIENCE OF CREATION AND APPLICATION OF MULTIFUNCTION BEPILOTNYKH AVIATION COMPLEXES OF CIVIL SETTING

A.V. Priymak, Ya.V. Dar'in, D.M. Stryuk, A.A. Slobodyanyuk

In work with the use of separate positions of theory of mass service the analysis of expedience of creation and application of multifunction pilotless aviation complexes of the civil setting is executed for the decision of heterogeneous tasks.

**Keywords:** pilotless aviation complex, application, tasks, economy, multifunctionness, queuing system, expedience.