

УДК 004.942:519.876.5

О.М. Алексеев, Д.І. Бондарев

Національний авіаційний університет, Київ

## ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БЕЗПІЛОТНОГО ТА МУНІЦИПАЛЬНОГО АВІАЦІЙНОГО ТРАНСПОРТУ В УКРАЇНІ

У статті проведено аналіз, систематизацію і кодування типів безпілотних літальних апаратів та існуючими класифікаціями. Показано перспективи розвитку муніципальної та безпілотної авіації, моделювання групового польоту БПЛА для аерофотозйомки. порівняльний аналіз ефективності застосування групових польотів БПЛА за цільовим призначенням та застосування БПЛА у муніципальному транспорті.

**Ключові слова:** безпілотний літальний апарат, класифікація, цільове призначення, муніципальний авіаційний транспорт.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Досвід розвитку найбільших міст-мегаполісів світу свідчить про широке використання авіації та авіаційних технологій в інтересах муніципальних служб та забезпечення життєдіяльності міста.

У США та Західній Європі існують розвинуті повітряно-транспортні системи, які включають десятки власників-експлуатантів, великі вертодроми і дрібні вертолітні майданчики, серед яких значну частину складають приватні. Ці системи розвиваються відповідно до планів міст і регіонів. При загальній тенденції до обмеження діяльності великих аеропортів, що знаходяться всередині мегаполісів, і виведення їх за межі міста, активно розвивається інфраструктура вертодромів і вертолітних майданчиків.

Останнім часом стрімкого розвитку отримує безпілотна авіація. Розроблення безпілотних авіаційних комплексів (БАК) на основі безпілотних літальних апаратів (БПЛА) проводиться в цей час фактично всіма індустріально розвиненими країнами світу. Донедавна БПЛА мали військове призначення, наразі застосування БАК ефективно як у військових завданнях, так і завданнях цивільного призначення, наприклад, при боротьбі з наслідками надзвичайних ситуацій, стихійними лихами, сільськогосподарського застосування, для розвідки і аерофотозйомки [1].

Безпілотна авіація має ряд переваг, а саме: низька вартість експлуатації, добре приховування, стійкість і гнучкість, простота і доступність технології в порівнянні з пілотованими повітряними судами, також БПЛА може використовуватися в тих випадках, коли використання пілотованої авіації є непрактичним, дорогим або ризикованим [1; 2]. Очевидно, що ефективність групових польотів БПЛА при моніторингу лісових пожеж, пошуково-

рятувальних операціях, у сільському господарстві при обробці сільськогосподарських культур, ретрансляція зв'язку та переміщення вантажу значно вище, ніж при одиничних польотах БПЛА.

До недоліків безпілотної авіації можна віднести обмежені можливості за рахунок невеликих розмірів БПЛА, що може бути скомпенсоване використанням групових польотів [2]. Крім того, у групи невеликих і легких БПЛА, що ефективно взаємодіють проявляються додаткові корисні якості: швидкість виконання завдання, збільшення щільності площі покриття при обприскуванні сільськогосподарських культур, тощо.

Для управління групою БПЛА доцільно застосувати теорію графів, як математичний апарат для моделювання і оптимізації систем складної структури: в математиці для розв'язання складних рівнянь; у фізиці для побудови електричних схем; у будівництві для найбільш раціонального розміщення об'єктів і прокладання доріг; у біології для розв'язання задач генетики; в економіці - для пошуку рішень мінімальної вартості; в інформаційних технологіях - при визначенні ефективності топології локальних та глобальних обчислювальних мереж та інші сфери застосування.

Розглянемо задачу застосування групового польоту БПЛА на прикладі аерофотозйомки. Пропонується побудувати систему із  $n$  БПЛА, цілями якої є максимальне перекриття території для отримання картографічної інформації.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Детальному аналізу, класифікації, цільовому призначенню, як у військовому, так і цивільному сегменті, сучасним розробкам, дизайну, еволюції безпілотних авіаційних систем (БАС) присвячено працю [1]. У статті [3] наведено міжнародну класифікацію БПЛА, проведено аналіз БПЛА іноземного виробництва (Unmanned Aerial Vehicles, UAV), зокрема при застосуванні в лісовому секторі.

Основною перевагою застосування БПЛА є виконання завдань, що пов'язані з ризиком для людини та ефективність при вирішенні народногосподарських завдань. В цьому сенсі застосування групи БПЛА є ще більш доцільним: для ретрансляції зв'язку у тих місцях – де неможливо встановити антени покриття через складний рельєф, у сільському господарстві (групові обприскування полів), при аерофотозйомці (групова зйомка великих територій, моніторинг лісових пожеж, патрулювання територій тощо), переміщення вантажу.

Вочевидь є застосування групи БПЛА у військових цілях.

Американський експерт, Джон Уорден прогнозує, що до 2025 року близько 90% літаків будуть безпілотними, і тільки 10% - пілотованими, а пілоти будуть "золотим запасом" для найбільш важливих і важких завдань [20]. Аналогічна ситуація спостерігається і в зв'язку з розвитком БАС для використання у цивільних цілях. Це пов'язано з низкою важливих переваг. Перш за все, відсутність екіпажу на борту повітряного судна (ПС), і, таким чином усуваючи ризик смерті. Можливість виконувати маневри з великими перевантаженнями перевищує фізичні можливості пілота, велику довжину і діапазон у відсутності екіпажу фактор втрати. І, нарешті, відносно невелика вартість безпілотних літальних апаратів (БПЛА), які можуть мати невеликі розміри і низька вартість експлуатації. [20].

Більшість робіт, у яких вивчаються групові дії БПЛА, орієнтуються на основну монографію [4], у якій з використанням підходів класичної теорії керування розглядаються питання керування групою, організованою у вигляді «строю», що припускає роздільне подання руху окремого об'єкта групи математичною моделлю для бічного й поздовжнього руху центру мас. При цьому виникає завдання розробки деякого «оптимального» маршруту для групи БПЛА. Ряд дослідницьких робіт присвячується рішення завдання планування маршруту як одного БПЛА, так і всієї групи БПЛА [5; 6].

**Метою статті є:** Показати перспективи розвитку муніципальної та безпілотної авіації, аналіз польоту БПЛА для потреб муніципальних служб. Виконання мети потребує вирішення таких завдань: порівняльний аналіз ефективності застосування групових польотів БПЛА за цільовим призначенням; систематизація та кодування БПЛА за існуючими класифікаціями; аналіз застосування одиничних та групових польотів БПЛА

## Основний матеріал

Досвід розвитку найбільших міст-мегаполісів світу свідчить про широке використання авіації та авіаційних технологій в інтересах муніципальних служб та забезпечення життєдіяльності міста.

У США та Західній Європі існують розвинуті повітряно-транспортні системи, які включають десятки власників-експлуатантів, великі вертодроми і дрібні вертолітні майданчики, серед яких значну частину складають приватні. Ці системи розвиваються відповідно до планів міст і регіонів. При загальній тенденції до обмеження діяльності великих аеропортів, що знаходяться всередині мегаполісів, і виведення їх за межі міста, активно розвивається інфраструктура вертодромів і вертолітних майданчиків.

Вертолітний транспорт - важлива галузь міського господарства цих країн. Використання вертольотів значно підвищує ефективність роботи міських служб і транспортних комунікацій. Сфери застосування вертольотів у великих містах і густонаселених регіонах досить різноманітні і умовно поділяються на два основних напрямки: в інтересах міських і муніципальних служб і в комерційних цілях. При цьому значний відсоток від загального обсягу комерційних перевезень становлять корпоративні та туристичні польоти.

Основними перевагами застосування вертольотів та мультикоптерів в умовах великого міста є:

- швидкість переміщення, що дозволяє істотно заощаджувати час, який є найважливішим фактором при проведенні рятувальних, медико-евакуаційних, протипожежних робіт, здійснення ділових поїздок;
- здатність однаково успішно здійснювати посадки як на аеродроми і на спеціально призначені для цього невеликі майданчики, так і на абсолютно не обладнані для цих цілей ділянки;
- відсутність необхідності у виділенні великих ділянок землі при створенні необхідної інфраструктури.

Координація всіх дій з розвитку авіаційної інфраструктури здійснюється органами міського управління.

Вертолітні майданчики, призначені для муніципального використання, мають, в основному, медичну спеціалізацію. Їх будівництво та експлуатація здійснюється за рахунок міських коштів, коштів страхових компаній і медичних установ, засобів різних громадських організацій і приватних осіб.

Велика частина вертолітних майданчиків, розташованих у великих містах світу, призначена для комерційного використання. Міські вертодроми, призначені для спільного використання, як правило, знаходяться в муніципальній власності і здаються в оренду керуючим компаніям.

Мегаполіс, як один з найбільших міст світу, об'єктивно відчуває необхідність вирішення низки проблем, властивих мегаполісів. Серед них потреба у підвищенні оперативності реагування міських служб (в першу чергу, правоохоронних, аварійно-рятувальних, протипожежних, екстреної медичної

допомоги та ін.) в умовах обмеженої пропускної спроможності автомагістралей і, як наслідок, утрудненого дорожнього руху, особливо при виникненні надзвичайних ситуацій. Крім того, висока щільність населення і велика кількість функціонально взаємопов'язаних між собою об'єктів, значно підвищують небезпеку наслідків техногенних аварій, що викликає необхідність здійснення постійного моніторингу навколишнього середовища, інженерних та інших технічних систем і комунікацій. Використання авіаційних засобів (і, в першу чергу, вертольотів) дає можливість вирішення перерахованих вище проблем.

В умовах щільної міської забудови вертольоти мають перевагу перед іншими засобами у проведенні низки спеціальних робіт і, в першу чергу, будівельно-монтажних, а також в якості транспортного засобу для доставки пасажирів і вантажів.

В даний час в розвинутих країнах світу діє система авіаційного забезпечення правоохоронних органів, пожежної та екстреної медичної служб, а також виконуються спеціальні авіаційні роботи для вирішення екологічних завдань, аерофотозйомок (дистанційного зондування), будівельно-монтажних робіт і метеозащити міста. У той же час практично не розвинена система транспортних пасажирських перевезень і повітряного туризму.

Загальна кількість вертольотів вильотів за останні 5 років склало більше 6000. Понад 80% льотного ресурсу витрачено з метою надання екстреної медичної допомоги, забезпечення правоохоронної діяльності та проведення інженерного та екологічного моніторингу.

Для організації, планування та методичного забезпечення виконання польотів створені спеціальні підрозділи у відповідних міських службах.

Порівняння результатів розвитку та застосування авіаційних технологій в Україні, заснованих на використанні вертолітного транспорту, з іншими великими містами світу показує значне відставання в цій галузі. Масштаби застосування авіаційних технологій в Нью-Йорку, Парижі, Лондоні, Гон-Конзі та інших великих містах світу в десятки разів перевищують досягнутий рівень як по інтенсивності виконання польотів, так і за кількістю вертолітної техніки та організацій, що здійснюють її застосування й експлуатацію. На такий же порядок відрізняються створені в містах мережі обладнаних вертолітних майданчиків. Значно вище в зарубіжних мегаполісах рівень функціонального розвитку будівництва вертолітних майданчиків, що використовує для їх обладнання дахи будівель та інші спеціальні споруди.

З метою подальшого розвитку авіаційних технологій в інтересах міського господарства та життєзабезпечення міста, його повітряно-транспортної системи необхідне рішення трьох основних завдань:

- розвиток авіаційної техніки і насичення парку міської авіації легкими вертольотами, що забезпечують вирішення спеціальних завдань в інтересах міських служб, комерційних перевезень і авіаробіт;
- розвиток міської авіаційної інфраструктури, що включає вертодроми і вертолітні майданчики;
- організація безпечного використання повітряного простору над містом.

При цьому використання авіаційних технологій в місті може здійснюватися при забезпеченні санітарно-гігієнічних та екологічних норм охорони навколишнього середовища.

Бажання застосувати повітряний транспорт для переміщень в межах міської межі з'явилося не вчора, і невірно думати, що ця проблема стала актуальною в міру збільшення обсягу наземного транспорту або розвитку авіаційних технологій. Потреби в гнучкому та оперативному переміщенні у повітрі в межах міста народжувала проекти підвісних доріг, монорельсового транспорту, канатних доріг, метро - в кінцевому рахунку, транспортних систем, винесених за межі наземного потоку. Очевидність проблеми вивела в альтернативу концепцію багаторівневого наземного транспорту. Але, так чи інакше, проблема гнучкості у переміщенні за бажаним маршрутом не вирішена, а питання мінімальних витрат часу при такому пересуванні взагалі залишається відкритим. Цей факт змушує шукати можливості реалізації більш гнучкого - авіаційного міського транспорту, і багато в чому важливо не тільки для муніципальних служб, але, особливо, приватного авіаційного міського транспорту. Так, на засіданнях Комісії Державної авіаційної адміністрації України з питань безпеки польотів не раз ставилося питання про можливість виконання польотів в межах міської межі.

Рішенням Комісії були заяви про принципову можливість дозволу польотів, злетів і посадок повітряних суден в районах населених пунктів, але з істотними обмеженнями.

«... Комісія постановила:

1. Принципово польоти, зльоти та посадки в заявленій зоні, а також в зонах населених пунктів України можна дозволити з суттєвими обмеженнями:

- Суб'єктів, яким надано право виконання польотів;
- Технічному стандарту повітряного судна, на якому виконуються польоти (кількості двигунів, злітної маси, обмежень шуму на місцевості, льотно - технічних характеристик, приладового обладнання);
- Системи допуску льотного персоналу до виконання даного виду польотів;
- Стандарту вертодром або вертолітного майданчика в зоні населеного пункту;
- Умов та правил польотів зі зльотами та посадками в зоні населеного пункту.

2. Для реалізації системи регулювання виконання польотів зі зльотами та посадками в зоні населеного пункту здійснити аналіз існуючої нормативної базуватися з приводу питання та визначити поле нормативних документів, необхідних для розроблення.

3. Визначити Зміни та доповнення до існуючого нормативно правового поля з приводу питання.

4. Надати на затвердження необхідний пакет документів.

5. Остаточні рішення приймати на підставі нормативно-правових документів ЦА України, які регламентують діяльність суб'єктів цивільної авіації у відношенні до питання.

6. Листом до Секретаріату КМУ зазначити новизну піднятого питання в нормативно-правовій сфері діяльності ЦА України та відсутності міжнародних стандартів з приводу дозвільної системи польотів в зонах населених пунктів.

*Порівняльний аналіз застосування одиничних та групових польотів БПЛА за цільовим призначенням в муніципальних зонах.* Для визначення ефективності виконання цільової задачі групою БПЛА було проведено порівняльний аналіз застосування групових польотів БПЛА за цільовим призначенням. Безпілотні літальні апарати, як і пілотовані, бувають літакового, а також вертолітного (мультикоптерного) типу (вертольоти і мультикоптери - літальні апарати з чотирма і більше роторами з несучими гвинтами), а також з махаючим крилом [22].

На практиці БПЛА літакового типу, як правило, застосовуються для аерофотозйомки вагою до 10 – 15 кілограмів (мікро-, міні- БПЛА і легкі БПЛА), що пов'язано з тим, що зі збільшенням злітної ваги

БПЛА зростає складність його розробки і, відповідно, вартість, але знижується надійність і безпечність експлуатації [20]. Чим більше маса апарату, тим більше його посадкова швидкість, тобто енергія, яка виділяється при посадці БПЛА дуже швидко росте із зростанням маси апарату і може пошкодити сам БПЛА.

Перевагою безпілотного вертоліту і мультикоптеру є здатність здійснити посадку з малою швидкістю. Однак безпілотні вертольоти занадто дорогі, а мультикоптери поки не здатні літати на великі відстані, і застосовуються тільки для зйомки локальних об'єктів (окремих будівель і споруд) [22].

Безпілотний літальний апарат з махаючим крилом поєднує в собі БПЛА літакового та мультикоптерного типу, а саме: здатність здійснювати політ у прямолінійній площині, та призупиняти політ над певним об'єктом, крім того перевагами такої схеми польоту є невеликі розміри апарату [20]. Основним недоліком БПЛА з махаючим крилом вважається: коротка тривалість польоту, мала площа досліджуваної поверхні (якщо мова йде про аерофотозйомку), неможливість переміщення вантажу, та використання у сільському господарстві [20].

Застосуванням групи БПЛА можна мінімізувати вищеперераховані недоліки. В таблиці 1 наданий порівняльний аналіз ефективності застосування різних типів БПЛА в груповому польоті при виконанні наступних задач:

- 1) аерофотозйомка;
- 2) ретрансляція зв'язку;
- 3) сільськогосподарські роботи;
- 4) переміщення вантажу;
- 5) пошуково-рятувальні роботи.

Таблиця 1

Порівняльний аналіз типів БПЛА  
за цільовим призначенням при використанні муніципальними службами

Цільове призначення БПЛА	Типи БПЛА за призначенням		
	Літаки	Мультикоптери	БПЛА з махаючим крилом
Аерофотозйомка	+	+	+
Сільське господарство	-	-	-
Ретрансляція зв'язку	+	+	+
Переміщення вантажу	+	+	-
Пошуково-рятувальні роботи	+	+	+

Таким чином, аерофотозйомку, пошуково-рятувальні роботи можуть здійснюватися всіма типами БПЛА, але для пошуково-рятувальних робіт перевагу матимуть ті, що зможуть залишатися над одним місцем протягом тривалого часу, тобто мультикоптери. При переміщенні вантажу найбільш ефективними є БПЛА літакового типу, так само як і при сільськогосподарських роботах і ретрансляції зв'язку [5]. Для проведення робіт з аерофотозйомки перевагою БПЛА перед пілотованими повітряними

суднами є насамперед, вартість, значне зменшення кількості регламентних операцій, а відсутність людини на борту літака значно спрощує підготовчі заходи [20].

*Аналіз, систематизація і кодування БПЛА за класифікаціями.* Існують наступні класифікації БПЛА [20]:

- за цільовим призначенням;
- по злітній масі;
- по дальності польоту;

Таблиця 2

## Класифікація типів БПЛА

№	Клас	Класифікація	Підклас	Кодування
1	А	Класифікація БПЛА за призначенням	БПЛА для аеро / фотозйомки	A <sub>1</sub>
			Сільськогосподарські БПЛА	A <sub>2</sub>
			БПЛА ретранслятори зв'язку	A <sub>3</sub>
			...	A <sub>n</sub>
2	В	Класифікація БПЛА за тривалістю польоту	Короткострокові БПЛА (менше 1 години)	B <sub>1</sub>
			Середньострокові БПЛА (1 – 6 годин)	B <sub>2</sub>
			Довгострокові БПЛА (більше 6 годин)	B <sub>3</sub>
			...	B <sub>n</sub>
3	С	Класифікація БПЛА за ваговими категоріями	Мікро БПЛА (до 1 кг)	C <sub>1</sub>
			Малі БПЛА (1 – 100 кг)	C <sub>2</sub>
			Легкі БПЛА (100 – 500 кг)	C <sub>3</sub>
			Середні БПЛА (500 – 5000 кг)	C <sub>4</sub>
			Важкі БПЛА (5000 – 15000 кг)	C <sub>5</sub>
			Надважкі БПЛА (більше 15000 кг)	C <sub>6</sub>
			...	C <sub>n</sub>
4	D	Класифікація БПЛА за типом літального апарату	БПЛА літакового типу	D <sub>1</sub>
			БПЛА гелікоптери	D <sub>2</sub>
			БПЛА з махаючим крилом	D <sub>3</sub>
			...	D <sub>n</sub>
5	E	БПЛА за способом запуску	БПЛА аеродромного запуску	E <sub>1</sub>
			БПЛА безаеродромного запуску за допомогою катапульт	E <sub>2</sub>
			БПЛА безаеродромного запуску з рук	E <sub>3</sub>
			...	E <sub>n</sub>
7	F	БПЛА за способом посадки	БПЛА аеродромної посадки	F <sub>1</sub>
			БПЛА безаеродромної посадки за допомогою парашуту	F <sub>2</sub>
			БПЛА безаеродромної посадки за допомогою тенет	F <sub>3</sub>
			...	F <sub>n</sub>
8	G	БПЛА за кількістю застосувань	БПЛА одноразового застосування	G <sub>1</sub>
			БПЛА багаторазового застосування	G <sub>2</sub>
			...	G <sub>n</sub>

– по висоті польоту;  
 – за тривалістю польоту;  
 – за типом конструкції і силової установки та інші.

За типом конструкції БПЛА поділяються на апарати, що виконані з літакової (fixed - wing) і вертолїтним (rotary - wing) схемам, а також апарати з махаючим крилом [22].

За типом зльоту БПЛА поділяються на апарати зі зльотом із злітно-посадкової смуги та із вертикальним зльотом(як правило використовуються в залежності від цільового призначення) [20].

Безпілотні літальні апарати класифікують за способом зльоту і посадки:

аеродромного і безаеродромного, тобто зліт з злітно-посадкової смуги (ЗПС) або за допомогою катапульт;

посадка на ЗПС або на парашуті чи за допомогою тенет [20].

За цільовим призначенням, БПЛА класифікують як сільськогосподарські, спостереження, пошуково-рятувальні, вантажні та ретранслятори зв'язку. Останнім часом сфера застосування безпілотних апаратів значно поширюється: торгівельні операції, лісівництво та риболовля, та інші. За кількістю застосувань класифікують як: одноразового та багаторазового застосування. Як правило такі БПЛА застосовуються при моніторингу лісових пожеж, та

пошуково-рятувальних роботах, де існує велика вірогідність втрати літального апарату [22].

За тривалістю польоту БПЛА класифікують: на літальні апарати короткострокового польоту (до 1 години), середньострокового польоту (від 1 до 6 годин), дострокового польоту (від 6 годин) [20].

Враховуючи досить велике різноманіття БПЛА їх також класифікують за вагою.

мікро до 1кг.,  
малі 1 – 100 кг.,  
легкі 100 – 500 кг.,  
середні 500 – 5000кг.,  
важкі 5000 – 15000 кг.,  
надважкі 15000 кг і більше.

Усі вищезазначені типи БПЛА за вагою класифікуються в залежності від дальності польоту та максимальної злітної маси [20].

В таблиці 2 приведено аналіз, систематизацію і кодування типів БПЛА за існуючими класифікаціями.

Висока швидкість, за допомогою якої БПЛА можуть прибувати у задану точку не зважаючи на дорожні та метеорологічні умови демонструє їх, як відмінні апарати для використання у медичних та оперативно-рятувальних цілях. БПЛА медичного призначення вже використовують у випадках, коли не слід розраховувати на оперативне прибуття швидкої допомоги. Наприклад у Німеччині вже тестується БПЛА кардіостимулятор, який викликається за допомогою додатку на мобільному пристрої [23].

У випадку рятування людей на водоймах використовуються спеціальні дрони, які цілодобово патрулюють міські пляжі і мають здатність переносити декілька індивідуальних плавальних засобів(мається на увазі рятувальний круг). [23] Наприклад: група БПЛА патрулює територію над містом: моніторинг дорожніх заторів, ДТП, пожеж та ін., при виявленні ситуації для загрози життя людей оператор передає оперативну інформацію у МНС, і на місце вирушає інший БПЛА (медичний, рятувальний – в залежності від ситуації).

## Висновки

Рішення проблеми розвитку авіаційного муніципального транспорту стало можливим внаслідок:

Організації та поділу на класи повітряного простору України наказом Мінтрансу від 16.04.2003 року № 293 (Мін'юст 05.05.2003 року № 346/7667) «Про погодження Правил польотів повітряних суден та обслуговування повітряного руху в класифікованому повітряному просторі України»; розвитку інфраструктур мегаполісу, яким є Київ;

Розвитку надійної авіаційної техніки, здатної задовольнити вимоги, пропоновані до повітряного транспорту, який використовується в міській межі;

Розвитку науково-технічних засобів забезпечення контролю за станом системи АМТ у всіх необхідних аспектах, а саме: забезпечення безпеки польотів, забезпечення контролю дотримання правил польотів, організації дозвільної системи, контролю екологічного стану системи і т.д. поза зоною видимості диспетчерського локатора і диспетчерського контролю використовуючи елементи технології CNS / АТМ в нижньому просторі.

На підставі технічної можливості реалізації системи АМТ в Державну авіаційну адміністрацію України (ДАА) з боку Адміністрації Президента України, Кабінету Міністрів України, Київської державної міської адміністрації (КМДА) і ряду експлуатантів авіаційного транспорту були спрямовані обґрунтовані запити про можливість виконання польотів у межах Київського муніципалітету з виробництвом посадки в міській межі.

Крім того, в реалізації системи АМТ зацікавлене ряд міністерств, відомств України зокрема для реалізації функцій медичної авіації, авіації пошуку і рятування, надання допомоги в евакуації людей з висотних будівель у випадку пожежі, контролю правопорядку, перевезення пасажирів, у тому числі VIP вищого керівництва країни та міської влади.

Рішення про реалізацію системи АМТ дозволить істотно прискорити розробку низки концептуальних програм розвитку приватної авіації в Україні та сполучених технологічних систем, які можуть вивести Україну на високий технологічний рівень організації та контролю польотів авіації загального призначення, аж до заяви ряду міжнародних стандартів.

Позитивним ефектом реалізації системи АМТ є збільшення обсягу і оборотності фінансових коштів муніципалітету, прибутковості міського бюджету та інвестиційного прибутку від надання високоартісних послуг, створення великої кількості робочих місць, що потребують висококваліфікованих кадрів. Застосування специфічної авіаційної техніки в муніципальних умовах може збільшити інтерес розробників і виробників заповнити цей ринок національними розробками.

Таким чином, аналіз застосування груп БПЛА за цільовим призначенням дав можливість сформулювати вхідні дані для застосування в муніципальному транспорті (табл. 1, 2). Подальші дослідження слід направити на розв'язок практичних завдань реалізації групового управління при керуванні БПЛА, що призводить до підвищення ефективності використання БПЛА, а саме:

можливість коригування плану та оптимізації маршруту польоту, ґрунтуючись на вже отриманих даних з інших БПЛА;

збільшення вірогідності успішності виконання задачі; значний вигравш у часі;

можливість одночасного обстеження території та збільшення площі одночасного моніторингу;

можливість постановки різних завдань для багатоконпонентних учасників групи.

## Список літератури

1. Reg Austin, *Unmanned aircraft systems : UAVS design, development and deployment* / 2010 John Wiley & Sons Ltd.

2. Адаптивное управление автономной группой беспилотных летательных аппаратов / К.С. Амелин, Е.И. Антал, В.И. Васильев, Н.О. Граничина. – СПб.: Санкт-Петербургский гос. ун-т, 2013 – 10 с.

3. Никифоров А.А. Анализ зарубежных беспилотных летательных аппаратов / А.А. Никифоров, В.А. Мунимаев. – СПб.: Санкт-Петербургская лесотехническая академия, 2010 – 3 с.

4. Фрадков А.Л. Децентрализованное адаптивное управление синхронизацией сетей динамических сетей динамических систем при ограниченных возмущениях / А.Л. Фрадков, Г.К. Григорьев // Автоматика и телемеханика. – 013. – № 5. – С. 137-155.

5. Козуб А.Н. Интеграционный подход к задаче выбора маршрута группы БПЛА / А.Н. Козуб, Д.П. Кучеров // Искусственный интеллект. – 2013. – № 4 (62). – С. 333-343.

6. Козуб А.М. Планирование маршрута БПЛА / А.Н. Козуб, Д.П. Кучеров // Вісник СВНУ ім. В. Даля. – 2013. – № 5 (194). – С. 189-192.

7. Степанян К.В. Планирование траектории БПЛА в сложных условиях при наличии угроз / К.В. Степанян, А.Б. Миллер, Б.М. Миллер // Материалы 33-й конференции молодых ученых и специалистов ИППИ РАН «Информационные технологии и системы» (ИТИС'10) 20-24 сентября 2010, Россия, Геленджик, с.263-268. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.itas2010.itp.ru/pdf/1569326822903.pdf>.

8. Brooks R.A. A robust layered control system for airmobile robot / R.A. Brooks // IEEE Journal Robotics and Automation. - № 2(1). – 1986. – P. 14-23.

9. Montgomery J.F. Learning helicopter control through “teaching by showing” / J.F. Montgomery, G.A. Bekey // IEEE Conference on decision and Control, 1998. – P. 132-141.

10. Каляев И.А. Стайные принципы управления в группе объектов / И.А. Каляев, А.Р. Гайдук // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2004. – №2. – С. 29-33.

11. Marsh L. Multi-Agent UAV Path Planning / L Marsh, G. Calbert, J. Tu, D. Gossink, H. Kwok // Defence

Science and Technology Organization, Australia, 2005. – P. 2188 – 2194.

12. Капустян С.Г. Метод оптимального распределения целей в коллективе роботов / С.Г. Капустян, Л.Ж. Усачев, С.В. Стоянов // Информационные технологии. – 1998. – №4. – С. 29-34.

13. Каляев И.А. Распределение системы планирования действий коллективов роботов / И.А. Каляев, А.Р. Гайдук, С.Г. Капустян. – М.: Янус-К, 2002. – 292 с.

14. Kucherov D.P. Modeling traffic in control problems of robotic systems / D.P. Kucherov // Proceedings the Fifth world congress “Aviation in XXI-st century”, September 25-27, 2012, Vol. 1, Kyiv, 2012. – P. 1.9.18-1.9.21.

15. Козуб А.Н. Алгоритм терминального управления системы третьего порядка с тремя нулевыми полюсами в условиях ограниченных помех / А.Н. Козуб, Д.П. Кучеров // Тенденции развития естественных и математических наук. Сборник научных трудов. – Новосибирск: Изд. «Сиб-БАК», 2013. – С. 31-42.

16. Бондарев Д.І. Ефективність групових польотів безпілотних літальних апаратів / Д.І. Бондарев, Р.Т. Джафарзаде, А.М. Козуб // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2014. – Вип. 6 (122). – С. 9-14..

17. Сизова О.А. Применение теории графов в различных видах научной деятельности / О.А. Сизова. – Баку, 2012 – 5 с.

18. Олифер В.Г. Компьютерные сети: принципы, технологии, протоколы. Учебн. для вузов / В.Г. Олифер. – СПб.: Питер, 2010. – 944 с.

19. Корицунов Ю. Математические основы кибернетики. Учебник для вузов / Ю. Корицунов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 495 с.

20. Ганин С.М. Беспилотные летательные аппараты / С.М. Ганин, А.В. Карпенко. – Санкт-Петербург, 1999. – 160 с.

21. Зыков А.А. Основы теории графов. Учебник для вузов / А.А. Зыков. – М.: Вузовская книга, 2004. –

22. Иноземцев Д.П. Беспилотные летательные аппараты: теория и практика / Д.П. Иноземцев. – Санкт-Петербург 2014 – 50 с.

23. Гражданские дроны – модели и области применения [электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.fotokomok.ru/grazhdanskie-drony-modeli-i-oblasti-primeneniya>.

Надійшла до редколегії 6.06.2016

**Рецензент:** канд. техн. наук, проф. Ю.І. Миргород, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ БЕСПИЛОТНОГО И МУНИЦИПАЛЬНОГО АВИАЦИОННОГО ТРАНСПОРТА В УКРАИНЕ

О.Н. Алексеев, Д.И. Бондарев

В статье проведен анализ, систематизацию и кодирования типов беспилотных летательных аппаратов по существующим классификациям. Показаны перспективы развития муниципальной и беспилотной авиации, моделирование группового полета БПЛА для аэрофотосъемки, сравнительный анализ эффективности применения групповых полетов БПЛА по целевому назначению и применения БПЛА в муниципальном транспорте.

**Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, классификация, целевое назначение, муниципальный транспорт.

## FUTURE DEVELOPMENT OF UNMANNED AND MUNICIPAL AIR TRANSPORT IN UKRAINE

O.N. Alexeiev, D.I. Bondarev

The article analyzes, systematization and coding types of drones on existing classifications. Showing prospects of municipal and unmanned aircraft, flight simulation group UAVs for aerial photography. Comparative analysis of the effectiveness of group flying UAVs for the intended purpose and use of UAVs in the municipal transport.

**Keywords:** unmanned aerial vehicles, classification, purpose, municipal transport.