

УДК: 358.1

DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.25.2021.54-60>

П.П. Ткачук, О.В. Коцемир, С.М. Соколовський, Д.В. Білоус

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

ВРАХУВАННЯ РЕАЛЬНИХ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ ПРИ ПЛАНУВАННІ ПОЛЬОТНОГО ЗАВДАННЯ БЕЗПЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТА

У статті проаналізовано зовнішні чинники, які впливають на зниження льотно-технічних характеристик безпілотного літального апарата (БпЛА) А-ІСМ "Фурія", встановлено залежності показників тривалості польоту від величин метеорологічних параметрів та можливі негативні наслідки при їх неврахуванні. Запропоновано алгоритм для визначення параметрів, що характеризують вплив метеорологічних елементів на льотні можливості БпЛА. Методами порівняння та експерименту детально досліджено вплив параметрів вітру і температури повітря на зміну льотно-технічних можливостей БпЛА та обґрунтовано методику врахування метеоумов при плануванні польотного завдання БпЛА. Запропоновано методику врахування реальних метеорологічних умов при плануванні польотного завдання БпЛА. Практичне використання отриманих результатів дозволить виключити випадки зриву виконання розвідувальних завдань, втрати БпЛА внаслідок планування польотного завдання без урахування реальних метеорологічних умов.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат (БпЛА) А-ІСМ "Фурія", планування польотного завдання, температура повітря, напрямок і швидкість вітру, акумуляторні батареї.

Постановка проблеми

Активне використання азербайджанцями безпілотних літальних апаратів у короткотривалій війні за Нагірний Карабах зумовлює потребу у перегляді майбутніх структур збройних сил і застосування нових військових технологій. Німецький міністр оборони Аннегрет Крамп-Карренбауер назвала бойові дії на Кавказі "першою в історії справжньою війною БпЛА" [1]. Тож важливість повітряної розвідувально-ударної складової і складність організації протидії їй на даний час вказують на актуальність пошуку та дослідження слабких місць в організації та порядку застосування безпілотних літальних апаратів у Збройних Силах України [2].

Враховуючи визначальну роль ракетних військ і артилерії у завданні матеріального збитку противнику, що підтверджується досвідом Антитерористичної операції на території Донецької та Луганської областей, логічним здається звернути увагу на проблеми застосування насамперед повітряної компоненти артилерійської розвідки [3].

У підрозділах артилерійської розвідки основним безпілотним авіаційним комплексом (БпАК) є комплекс А1-СМ "Фурія". Ним озброєна абсолютна більшість підрозділів артилерійської розвідки артилерійських і загальновійськових бригад.

Аналіз завдань артилерійської повітряної розвідки в зоні проведення операції Об'єднаних сил (Анти-терористичної операції) вказує, що найбільш характерними серед них є пошук, виявлення і засічка об'єктів

противника, обслуговування стрільби артилерії та дорозвідка об'єктів. При створенні розвідувально-вогневих комплексів БпАК А1-СМ "Фурія" може виступати в якості засобу розвідки. Особливостями застосування БпЛА слід вважати виконання завдань у складних метеорологічних умовах, застосування протиборчими сторонами засобів радіоелектронного подавлення, значні просторові характеристики зон відповідальності частин і підрозділів за розвідку і ураження [4].

У ході аналізу застосування БпАК А1-СМ "Фурія" встановлено, що реальні показники маневреності безпілотних літальних апаратів (час перебування в повітрі та максимальна протяжність маршруту) відрізняються від тих показників маневреності, які зазначені в Керівництві з льотної експлуатації. Джерелом виникнення такої невідповідності є відмінність характеристик реальних (змінних) метеорологічних умов застосування БпЛА від умовних (табличних або нормальних) метеорологічних умов, для яких і розраховані льотно-технічні характеристики БпАК А1-СМ "Фурія".

Неврахування таких відмінностей командирами підрозділів БпАК під час планування польотних завдань призводить до зростання ймовірності виникнення аварійних ситуацій та зриву виконання завдання розвідки.

Це зумовлює актуальність проведення дослідження щодо пошуку шляхів врахування реальних метеорологічних умов при плануванні польотного завдання БпЛА.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Вивченню процедури планування польотного завдання БпЛА присвячена значна кількість наукових праць. Зокрема в [6] запропоновано узагальнену методику планування повітряної розвідки для моніторингу великих територій на оперативно-тактичну глибину, в [7] методику планування оптимізовано для забезпечення зв'язку і взаємодії БпЛА, в [8] вивчаються питання планування польоту в інтересах уникнення конфліктів між безпілотними апаратами, в [9] розроблений алгоритм враховує рельєф місцевості на маршруті БпЛА і запобігає деяким помилкам оператора, в [10] проведено загальний аналіз чинників, зокрема метеорологічних, що є обов'язковими при плануванні польотних місій. В [11, 12] запропоновано методики планування, де враховується вплив метеорологічних факторів на політ БпЛА, проте увага зосереджена на визначенні зон найбільшого дестабілізуючого впливу та плануванні їх обходу. Робота [13] містить аналіз впливу вітру на парашутну систему БпЛА на етапі приземлення.

Таким чином питання врахування впливу метеорологічних умов на виконання завдань розвідувальним БпЛА і особливостей планування польотного завдання для них залишається не достатньо дослідженим.

Формулювання мети статті

Метою статті є дослідити показники маневреності БпЛА А1-СМ "Фурія" в різних метеорологічних умовах і розробити методику врахування метеороумов при плануванні польотного завдання БпЛА.

Виклад основного матеріалу

Чинники впливу метеорологічних факторів на політ БпЛА доцільно розділити на зовнішні та внутрішні. До внутрішніх чинників слід віднести особливості конструкції та льотно-технічні характеристики БпЛА, а до зовнішніх – атмосферні явища та характеристики метеорологічних елементів.

БпЛА БпАК А1-СМ "Фурія" виготовлений з використанням композитних матеріалів (скло-тканина, карбон, кевлар). Аеродинамічна схема літального апарата – літаюче крило. БпЛА складається з центроплана з фіксованими вертикальними стабілізаторами та двох зйомних консолей. В хвостовій частині БпЛА розташована електрична силова установка з гвинтом,

що забезпечує політ БпЛА. Штовхаюча схема розташування силової установки дозволяє підвищити аеродинамічні характеристики БпЛА. В носовій частині розміщуються оптичні модулі корисного навантаження. У відсіках розташовані система автоматичного управління (автопілот), навігаційна система, система супутникової навігації, парашутна система, електрична силова установка, апаратні засоби командно-телеметричної лінії зв'язку та резервного каналу керування.

Форма, довжина, розмах крил, розподіл ваги у відсіках забезпечують аеродинамічні властивості БпЛА.

Живлення електричної силової установки здійснюється від двох літій-іонових акумуляторних батарей (АКБ) ємністю 21000 mAh кожна.

До основних льотно-технічних характеристик БпЛА А1-СМ "Фурія" відносять:

максимальну швидкість – 110 км/год;

крейсерську швидкість – 60 км/год;

максимальну загальну протяжність маршруту польоту – 200 км;

максимальну тривалість польоту – до 3 год;

середню витрату енергії в польоті – 12-14 Аh.

Очевидно, що параметри тривалості польоту, та протяжності маршруту є залежними від параметрів швидкості та витрати енергії.

До метеорологічних елементів, характеристики яких найбільш суттєво впливають на льотні можливості БпЛА, відносять атмосферний тиск, температуру і вологість повітря, напрямок і швидкість вітру. Характер хмар, дальність видимості у повітрі опосередковано впливають на параметри польоту через вплив на рішення начальника обслуги БпАК щодо вибору висоти польоту для забезпечення виконання завдання розвідки.

У ході дослідження з'ясовано, що визначені в Керівництві з льотної експлуатації БпАК А1-СМ "Фурія" льотно-технічні характеристики розраховані для нормальних метеорологічних умов, а саме:

атмосферний тиск – 760 мм рт.ст.;

температура повітря – +15 °С;

швидкість вітру – 0 м/с [5].

З метою оцінювання впливу основних метеорологічних елементів на політ БпЛА протягом 2020-2021 років на Міжнародному центрі миротворчості та безпеки Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного кафедрою комплексів та приладів артилерійської розвідки накопичувались дані про параметри польоту БпЛА та метеорологічні умови виконання польотів.

Узагальненню підлягала наступна інформація: дата, час польоту, пройдений шлях, максимальна висота, витрата заряду – за даними наземного пункту управління БпЛА;

наземна температура, наземна швидкість вітру, вологість повітря, атмосферний тиск в районі запуску БпЛА, швидкість вітру на висоті польоту, темпера-

тура повітря на висоті польоту – за даними метеослужб і складеного метеорологічного бюлетеня;

середня витрата заряду на 1 км (на 1 годину польоту) – визначено розрахунковим методом.

У табл. 1 наведено узагальнені (розраховані) дані двадцяти польотів БпЛА.

Таблиця 1

Узагальнені (розраховані) дані польотів БпЛА

№ з/п	Температура повітря на висоті польоту	Швидкість вітру на висоті польоту (м/с)	Витрата заряду $E_{витр}$ (А/год)	Залишок заряду (А/год)	Середня витрата заряду за годину (А/год)	Час польоту (хв)	Резерв польоту (хв)	Максимальний час польоту (хв)	Пройдений шлях S (км)	Резерв польоту (км)	Максимальний (можливий) шлях польоту (км)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-11	5	18,38	23,62	14,13	78	86	164	65,987	84,801	150,788
2	-21	5	4,12	37,88	14,54	17	110	127	12,487	114,811	127,298
3	-20	8	12,61	29,39	14,01	54	68	122	24,924	58,114	83,038
4	-15	9	9,49	32,51	14,23	40	99	139	30,863	105,729	136,592
5	-13	8	8,76	33,24	14,20	37	106	143	31,200	118,542	149,742
6	-17	5	15,79	26,21	14,14	67	82	149	51,578	85,616	137,194
7	-15	5	19,42	22,58	14,05	83	83	166	66,720	77,578	144,298
8	-12	10	12,9	29,1	14,07	55	83	138	40,325	90,966	131,291
9	-9	5	8,85	33,15	14,35	37	114	151	31,949	119,677	151,626
10	-1	8	14,02	27,98	14,02	60	105	165	57,842	115,439	173,281
11	+1	10	16,42	25,58	14,24	70	100	170	71,933	112,062	183,995
12	0	5	8,27	33,73	14,17	35	146	181	34,266	139,758	174,024
13	-15	4	4,92	37,08	14,03	21	118	139	16,941	127,685	144,626
14	-14	7	8,89	33,11	14,03	38	103	141	31,110	115,867	146,977
15	-3	3	2,16	39,84	14,40	9	177	186	10,038	185,156	195,194
16	+4	5	5,38	36,62	14,03	23	137	160	21,929	149,265	171,194
17	-19	5	3,69	38,31	14,76	15	114	129	11,709	121,572	133,281
18	-6	5	7,63	34,37	13,87	33	125	158	29,108	131,125	160,233
19	-5	4	20,17	21,83	14,07	86	81	167	80,324	86,935	167,259
20	-6	6	6,08	35,92	14,03	26	133	159	22,967	135,687	158,654

На прикладі даних першої місії, яка подана в таблиці, пропонується алгоритм для визначення параметрів, що можуть характеризувати вплив метеорологічних елементів на льотні можливості БпЛА.

1. Визначення середньої витрати заряду АКБ на 1 км польоту $E_{км}$

$$E_{км} = \frac{E_{витр}}{S},$$

де $E_{витр}$ – витрата заряду струму на весь пройдений шлях;

S – пройдений шлях.

2. Визначення середньої витрати заряду АКБ за одну годину польоту $E_{год}$

$$E_{год} = \frac{E_{витр} \times 60}{T},$$

де T – час, витрачений на політ.

3. Визначення максимальної дальності польоту S_{max} (в кілометрах)

$$S_{max} = \frac{E_{АКБ} \times S}{E_{витр}},$$

де $E_{АКБ}$ – загальна ємність акумуляторних батарей.

4. Визначення максимального часу польоту T_{max} (в хвиликах)

$$T_{max} = \frac{E_{АКБ} \times T}{E_{витр}}.$$

Для визначення впливу зміни температури на витрату заряду АКБ необхідно виокремити польоти, де змінними є виключно параметри, вплив яких досліджується, а решта параметрів залишаються не змінними. Дані табл. 2 дають можливість встановити наявність залежності між зниженням температури повітря і зростанням середньої витрати струму

за годину i , відповідно, зменшенням максимальної дальності польоту БпЛА.

За даними табл. 2 розраховано усереднене значення відхилення витрати струму за 1 годину при зміні нормальної температури на 1°C , що складає $0,221 \text{ А/год}$.

Таблиця 2

Таблиця залежності середньої витрати заряду АКБ від температури

Температура повітря на висоті польоту ($^\circ\text{C}$)	Швидкість вітру на висоті польоту (м/с)	Середня витрата струму за 1 годину (А/год)
+4	5	14,03
0	5	14,17
-6	5	13,87
-9	5	14,35
-11	5	14,13
-15	5	14,03
-17	5	14,14
-19	5	14,76
-21	5	14,54

Проведення аналогічних вимірювань для визначення впливу зміни швидкості вітру на витрату заряду АКБ дають можливість обґрунтувати залежність між зростанням швидкості вітру і зростанням середньої витрати струму за годину i , відповідно, зменшенням максимальної дальності польоту БпЛА.

За даними табл.3 розраховано усереднене значення відхилення витрати струму за 1 годину при зміні швидкості вітру на 1 м/с , що складає $0,17 \text{ А/год}$.

Таблиця 3

Таблиця залежності витрати заряду АКБ від швидкості вітру

Швидкість вітру на висоті польоту (м/с)	Температура повітря ($^\circ\text{C}$)	Середня витрата заряду за 1 год (А/год)
4	-15	14,03
5	-15	14,05
9	-15	14,23

Результати досліджень дають можливість при плануванні польотного завдання врахувати усереднені значення відхилення витрати струму АКБ для визначення можливої максимальної протяжності маршруту та максимально можливого часу польоту БпЛА А1-СМ "Фурия" в повітрі.

Отже, методика врахування метеорологічних умов при плануванні польотного завдання начальником обслуги БпЛА повинна містити наступні кроки:

визначення вихідних даних: наземної температури повітря, атмосферного тиску, висоти хмар;

визначення висоти польоту БпЛА та розрахунок значень температури, швидкості вітру на висоті польоту;

визначення відхилення значень температури ΔT , швидкості вітру V на висоті від нормальних;

визначення відхилення витрати заряду АКБ за рахунок температури $\Delta E_{\Delta T}$ і швидкості вітру ΔE_V ;

визначення сумарного відхилення витрати заряду АКБ $\Delta E_{\text{сум}}$;

уточнення значень максимального часу і протяжності польоту БпЛА в реальних метеорологічних умовах.

Блок-схема методики врахування реальних метеорологічних умов при плануванні польотного завдання БпЛА наведена на рис. 1.

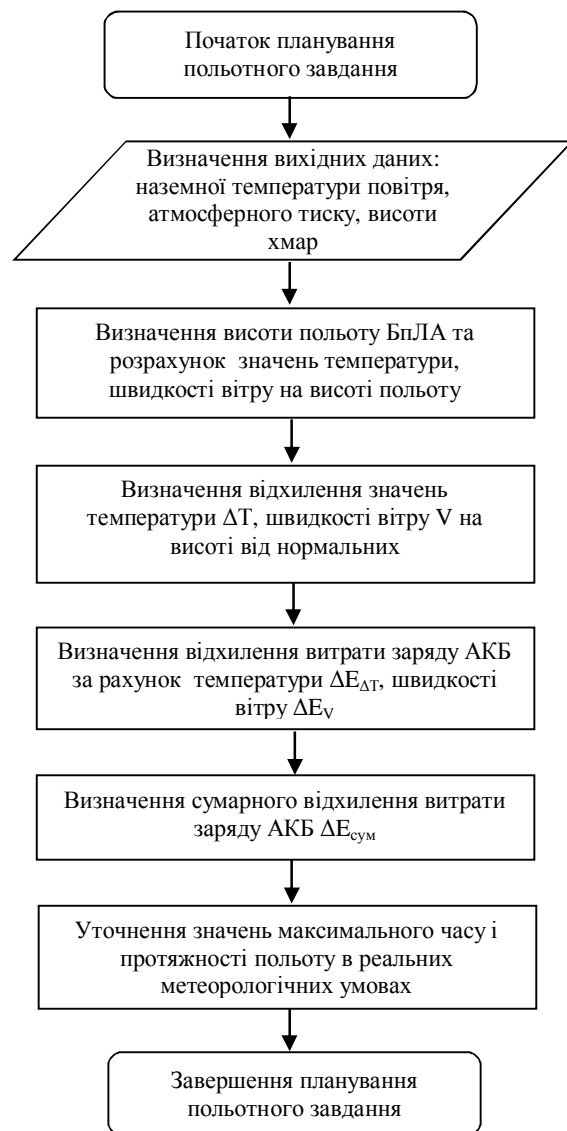


Рис. 1. Блок-схема методики врахування реальних метеорологічних умов при плануванні польотного завдання безпілотного літального апарата

Результати розрахунків за даними польотів, які наведені в табл. 1, свідчать, що максимальний час польоту (стовпчик 9) і максимальна протяжність польоту (стовпчик 12) можуть суттєво відрізнятись від визначених в технічній документації БпАК А1-СМ "Фурия" можливостей (табл. 4).

Таблиця 4

Порівняння основних льотних показників у нормальних і реальних метеоумовах

Дані проведених досліджень	Розраховані показники за даними досліджень	Дані з експлуатаційних документів (для нормальних метеоумов)
Максимальна протяжність польоту, км	118-196	200
Максимальний час польоту, хв	122 - 186	180
Витрата заряду за годину польоту, А/год	13,87 - 14,76	12-14

Використання уточнених максимальних можливостей БпЛА в реальних метеорологічних умовах дозволяє начальнику обслуги виключити помилки у визначенні протяжності маршруту та тривалості виконання польотного завдання, обрати маршрут, висоту польоту, спосіб обльоту цілі, визначити потребу у необхідному для виконання завдання льотному ресурсі.

Із застосуванням методики врахування реальних метеорологічних умов начальником обслуги БпАК сплановано та проведено експериментальні польоти БпЛА, дані про які наведені в табл. 5. Їх аналіз свідчить про збіг значень показників максимального часу та тривалості польоту, розрахованих за запропонованою методикою та визначених за даними розряду і залишку заряду АКБ з наземного пункту управління.

Висновки

За результатами аналізу проведених протягом двох років експериментальних польотів БпЛА А1-СМ "Фурия" визначено, що найбільш суттєвий вплив на наднормову втрату заряду АКБ мають відхилення температури повітря і швидкості вітру.

Відхилення цих показників від нормальних умов призводить до суттєвого зменшення можливостей БпЛА: максимального часу польоту та максимальної протяжності маршруту.

Неврахування можливостей БпЛА в реальних (відмінних від нормальних) погодних умовах за досвідом бойового застосування підрозділів БпАК зумовлює зростання ймовірності не виконання завдання і виникнення аварійних ситуацій.

За даними експериментальних польотів з використанням розробленої методики розраховані середні значення відхилення витрати струму за годину при зміні нормальної температури на 1°C, яке складає 0,22 А/год, та відхилення витрати струму заряду АКБ за годину при зміні швидкості вітру на 1 м/с, яке складає 0,17 А/год.

Розроблена методика врахування реальних метеорологічних умов при плануванні польотного завдання БпЛА начальником обслуги БпАК передбачає уточнення значень максимального часу та протяжності польоту БпЛА та дозволяє упередити втрату або не виконання польотного завдання.

Напрямами подальших досліджень слід вважати:

накопичення нових даних польотів з метою уточнення отриманих поправок;

врахування інших метеорологічних факторів, що впливають на політ БпЛА;

створення математичних моделей польоту БпЛА та розробка алгоритмів автоматизації врахування метеорологічних даних.

Таблиця 5

Узагальнені (розраховані) дані за результатами польотів БпЛА при врахуванні поправок

№ з/п	Температура повітря на висоті польоту	Швидкість вітру на висоті польоту (м/с)	Витрата заряду (А/год)	Залишок заряду (А/год)	Середня витрата заряду за годину (А/год)	Час польоту (хв)	Резерв польоту (хв)	Максимальний час польоту (хв)	Пройдений шлях (км)	Резерв польоту (км)	Максимальний (можливий) шлях польоту (км)
21	-11	5	18,38	23,62	15,74	78	86	164	65,987	84,801	150,788
22	-21	5	4,12	37,88	17,6	17	110	127	12,487	114,811	127,298

Список літератури

1. Gady Franz-Stefan. Krieg um Berg-Karabach. Implikationen für Streitkräftestruktur und Fähigkeiten der Bundeswehr. *Bundesakademie für Sicherheitspolitik. Arbeitspapier Sicherheitspolitik*. 2020, Nr. 3/2021. URL: https://www.baks.bund.de/sites/baks010/files/arbeitspapier_sicherheitspolitik_2021_3.pdf (дата звернення: 14.03.2021).

2. Maistrenko O., Karavanov O., Karavanov M. Analysis of experience on operation of reconnaissance and fire systems. *Збірник наукових праць ЛОГОС, Verona, Italia*. pp. 52-54. doi: 10.36074/26.06.2020.v1.20

3. Зубков А.М., Щерба А.А. Підвищення ефективності артилерійської розвідки шляхом конструктивно-функціональної інтеграції повітряних та наземних засобів спостереження. *Радіоелектроніка, інформатика, управління*. 2014. № 2. С. 29-33. doi: 10.15588/1607-3274-2014-2-4

4. Ткачук П.П., Репіло Ю.Є., Красюк О.П., Соколовський С.М. та ін *Артилерійська розвідка: підручник (2-ге видання: навч. пос. Львів: НАСВ, 2019. 388 с.*

5. Трофименко П.Є., В.М. Сай, В.О. Овчінніков, Д.А. Новак. *Метеорологічна підготовка пусків ракет і реактивних снарядів: навч. посіб. Суми: Сумський державний університет, 2012. 171 с.*

6. Мирончук Ю.А., Оверчук С.П. Методика підготовки і планування повітряної розвідки на оперативнотактичну глибину з використанням БПЛА. *Військово-технічний збірник. Львів, 2019. № 21. С. 44-52. doi: 10.33577/2312-4458.21.2019.44-52.*

7. Han Z., Swindlehurst A. L., Liu K. J. R. Smart deployment/movement of unmanned air vehicle to improve connectivity in MANET, *IEEE Wireless Communications and Networking Conference, 2006. WCNC 2006.*, pp. 252-257, doi: 10.1109/WCNC.2006.1683473.

8. Vasyliiev D.V. An approach to optimal avoidance of multiple UAV conflict. *IEEE International Conference Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD), 2015*, pp. 99-101, doi: 10.1109/APUAVD.2015.7346571.

9. Sibruk L.V., Bondarenko D.P., Zadorozhny R.A., Litvinenko V.A. Flight planning software of unmanned aviation system. *IEEE International Conference Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD), 2015*, pp. 215-217, doi: 10.1109/APUAVD.2015.7346602.

10. Thibbotuwawa A., Bocewicz G., Radzki G., Nielsen P., Banaszak Z. UAV mission planning resistant to weather uncertainty. *Sensors. (Basel) 2020 Jan; 20(2): 515. doi: 10.3390/s20020515.*

11. Кузнецов И.Е., Мельников А.В., Рогозин Е.А., Страшко О.В. Методика учета влияния метеорологических факторов на эффективность применения беспилотных летательных аппаратов на основе системного анализа. *Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2018; 45(2): С. 125-139. doi: 10.21822/2073-6185-2018-45-2-125-139.*

12. Горбунов А.А., Галимов А.Ф. Влияние метеорологических факторов на применение и безопасность полёта беспилотных летательных аппаратов с бортовым ретранслятором радиосигнала. *Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. 2016. № 1. С. 7-15.*

13. Алексеев В.М., Корольов В.М., Сальник Ю.П., Корольова О.В. Парашютна система для безпілотних літальних апаратів, яка самостійно розвертається проти вітру. *Військово-технічний збірник. Львів, 2018. № 18. С. 41-44. DOI: doi: 10.33577/2312-4458.18.2018.41-44.*

References

1. Gady Franz-Stefan. (2021), "Krieg um Berg-Karabach 2020: Implikationen für Streitkräftestruktur und Fähigkeiten der Bundeswehr" *Bundesakademie für Sicherheitspolitik. Arbeitspapier Sicherheitspolitik*. [Nagorno-Karabakh War 2020: Implications for the Armed Forces Structure and Capabilities of the Bundeswehr]. Federal Academy for Security Policy. Nr. 3/2021. URL: https://www.baks.bund.de/sites/baks010/files/-arbeitspapier_sicherheitspolitik_2021_3.pdf (дата звернення: 14.03.2021). [in German].

2. Maistrenko O., Karavanov O. and Karavanov M. (2020), "Analysis of experience on operation of reconnaissance and fire systems". *Collection of scientific works АТОГОС*, pp. 52-54. DOI: 10.36074/26.06.2020.v1.20.

3. Zubkov A.M. and Shcherba A.A. (2014), "Improving of artillery reconnaissance efficiency through constructive-functional integration of air and land surveillance". *Radio Electronics, Computer Science, Control*, № 2. DOI: 10.15588/1607-3274-2014-2-4. [in Ukrainian].

4. Tkachyk P. et al. (2019), "Artyleriyska rozvidka" [Artillery reconnaissance]: Tutorial, NASV, Lviv, 388 p. [in Ukrainian].

5. Trofimenko P.E. (2012), "Meteorologichna pidhotovka puskiv raket i reaktivnykh snaryadiv" [Meteorological preparation of missile and rockets launches]: Textbook, Sumy State University, Sumy, 171 p. [in Ukrainian].

6. Myronchuk Y.A. and Overchuk S.P. (2019) "Metodyka planuvannya i pidgotovky povitryanoyi rozvidky na operativnotaktychnomu rivni z vykorystanniam BPLA" [Methods of preparation and planning of air reconnaissance for operational and tactical depth using UAVs]. *Military Technical Collection*, Lviv, 2019. Issue 21. pp. 44-52. DOI: 10.33577/2312-4458.21.2019.44-52. [in Ukrainian].

7. Han Z., Swindlehurst A. L. and Liu K. J. R. (2006), "Smart deployment/movement of unmanned air vehicle to improve connectivity in MANET". *IEEE Wireless Communications and Networking Conference, 2006*. pp. 252-257. DOI: 10.1109/WCNC.2006.1683473.

8. Vasyliiev D.V. (2015), "An approach to optimal avoidance of multiple UAV conflict". *IEEE International Conference Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD), 2015*, pp. 99-101, DOI: 10.1109/APUAVD.-2015.7346571.

9. Sibruk L.V., Bondarenko D.P., Zadorozhny R.A. and Litvinenko V.A. (2015), "Flight planning software of unmanned aviation system". *IEEE International Conference Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD), 2015*, pp. 215-217, DOI: 10.1109/APUAVD.2015.7346602.

10. Thibbotuwawa A., Bocewicz G., Radzki G., Nielsen P. and Banaszak Z. (2020), "UAV Mission Planning Resistant to Weather Uncertainty". *Sensors (Basel)*, 2020. Jan; 20(2). p. 515. doi: 10.3390/s20020515.

11. Kuznetsov I, Melnikov A., Rogozin E. and Strashko O. (2018), "Metodika ucheta vliyaniya meteorologicheskikh faktorov na effektivnost primeniya BPLA na osnove sistemnogo analiza" [Method of accounting the influence of meteorological factors on the efficiency of application of unmanned aircraft based on system analysis]. *Bulletin of the Dagestan State Technical University. Technical science. 2018; 45(2). pp. 125-139. DOI: 10.21822/2073-6185-2018-45-2-125-139.* [in Russian].

12. Gorbunov A.A. and Galimov A.F. (2016), "Vliyaniye meteorologicheskikh faktorov na primeniye i bezopasnost' polota bespilotnykh letatel'nykh apparatov s bortovym retranslyatorom radiosignala" [Influence of meteorological factors on the use and flight safety of unmanned aerial vehicles with an on-board radio signal repeater]. *Bulletin of the St. Petersburg University State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia. 2016. № 1. pp. 7-15.* [in Russian].

13. Alyekseyev V.M., Korolyov V.M., Salnyk Y.P. and Korolyova O.V. (2018), "Parashutna systema dlya BPLA, yaka samostiyno rozvertayetsya proty vitru". [Parachute system for UAV, which independently deploys against the wind]. *Military Technical Collection*, Lviv, 2018. Issue 18. pp. 41-44. DOI: 10.33577/2312-4458.18.2018.41-44. [in Ukrainian].

Учет реальных метеорологических условий при планировании полетного задания беспилотного летательного аппарата

П.П. Ткачук, А.В. Коцемир, С.Н. Соколовский, Д.В. Билоус

Статья посвящена освещению проблемы учета реальных метеорологических условий при планировании полетного задания беспилотного летательного аппарата А1-СМ «Фурия». Основными задачами данного БпЛА есть выявление и засечка объектов противника, обслуживание стрельбы артиллерии и доразведка объектов. Особенности применения БпЛА следует считать выполнение задач в сложных метеорологических условиях, применение противоборствующими сторонами средств радиоэлектронного подавления, значительные пространственные характеристики зон ответственности частей и подразделений за разведку и поражение.

В статье были проанализированы изменение расхода тока заряда АКБ в зависимости от температуры воздуха и скорости ветра, приведены экспериментальные результаты определения поправок на расход тока заряда АКБ в зависимости от метеорологических факторов. Эти результаты указывают на то, что применение БпЛА А1-СМ «Фурия» во время выполнения задания может не отвечать летно-техническим характеристикам, которые указаны в технической документации, что приводит к возможным ошибкам в расчете максимальной протяженности маршрута и максимально возможного времени в воздухе.

В статье предложено разработать поправки на использование БпЛА в зависимости от изменения скорости ветра и изменения температуры воздуха. При оценке возможных поправок на применение БпЛА при различной скорости ветра и разной температуре воздуха точность определения возможных значений максимальной протяженности маршрута и максимального времени пребывания БпЛА в воздухе позволяет учитывать параметры для выполнения предстоящей задачи более точно.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат (БпЛА), метеорологические условия, планирование полетного задания.

Accounting for real meteorological conditions at the time of UAV flight mission planning

P. Tkachyck, O. Kotcemyr, S. Sokolovskyi, D. Bilous

The article is dedicated to the the problem of not considering the real meteorological conditions in planning the flight task of the unmanned aerial vehicle (UAV) A1-CM Furia . Unmanned aerial system(UAS) A1-CM Furia has been developed and manufactured by LLC SPC Athlon Avia since 2014. Within 2019-2020, the UAS passed a full spectrum of state tests and was adopted by the Armed Forces of Ukraine. The main criteria that this UAS meets are the detection and tracking of enemy objectives, equipment maintenance and target reconnaissance. Among the peculiarities of UAV application are performance of tasks in adverse meteorological conditions, the use of radio-electronic suppression by the opposing parties, significant spatial characteristics of the areas of responsibility of units and subdivisions for reconnaissance and engagement.

The change in the charge current of the battery depending on the air temperature and the change in the charge current of the battery depending on the wind speed in different meteorological conditions were analyzed in the article.

The article presents experimental results that determine the order of current consumption for battery time depending on meteorological factors, such as wind speed and air temperature. These results indicate that the UAV A1-CM Furia during the task accomplishment can not meet the flight characteristics that are defined in the flight operation manual UAS (FAM). The FAM does not separate the differences in the use of UAV in different meteorological conditions. This causes possible errors in calculating the maximum length of the route and the maximum possible time in the air.

In the article it was proposed to develop a correction for the use of UAV depending on changes in wind speed and temperature .

During the assessing of possible corrections for the use of UAV at different wind speeds and air temperatures, the accuracy of determining the possible values of the maximum route length and maximum time of UAV in the air allows us to calculate more accurate data for future tasks accomplishment.

Experimental methods of calculating corrections took a large part in the specific study of information without taking into account the real meteorological conditions while planning the flight task of the UAV A1-CM Furia.

The obtained results show that without further consideration of meteorological conditions while planning a flight task there may be inaccuracies.

Keywords: unmanned aerial vehicle (UAV), meteorological conditions, flight mission planning.