

УДК 629.7.07(043.2)

## ДЕТЕРМІНОВАНА МОДЕЛЬ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ОПЕРАТОРОМ БПЛА В НАДЗВИЧАЙНІЙ СИТУАЦІЇ «ВІДМОВА ОДНІЄЇ З СИСТЕМ БПЛА»

Сімченко Степан

*Національний авіаційний університет, Київ**Науковий керівник – Тетяна Шмельова, д.т.н., проф*

Ключові слова: БПЛА, надзвичайна ситуація, детермінована модель, прийняття рішень.

**Вступ.** У світі авіації надзвичайні ситуації можуть виникнути будь-коли. Ці ситуації вимагають негайних дій і чіткого прийняття рішень особливо операторам БПЛА, які не мають «прямої» дії на керування БПЛА, а керують ним за допомогою інформації з телеметрійного та відео каналу. Одним з важливих завдань при відмові однієї з систем БПЛА є – діагностування та виявлення, який саме елемент вийшов з ладу за допомогою даних телеметрії з борту БПЛА. [1] Моделі ПР застосовуються в системі підтримки прийняття рішень (СППР) оператора для допомоги швидко та ефективно здійснювати необхідні заходи для забезпечення безпеки польотів.

**Матеріали та методи.** СППР операторів БПЛА у випадках виходу з ладу однієї з систем БПЛА мають на меті забезпечити безпеку польотів та попередження можливих наслідків розвитку аварійної ситуації. Система включає в себе комплексний підхід, який включає в себе декілька елементів: бази моделей, бази даних, бази знань. Безпека розглядається як результат функціонування певних операційних процесів, метою яких є контроль ризиків безпеки наслідків небезпеки під час експлуатації [2]. Вихід з ладу однієї з систем БПЛА вважається серйозною небезпекою для учасників повітряного руху, а також на потенційно велику кількість людей або критично важливих об'єктів на землі. Тому важливо правильно оцінювати, яка саме система БПЛА вийшла з ладу, та як критично вона може впливати на подальший політ [3,4].

*Таблиця 1. Визначення «важливості» систем БПЛА*

Експерти	Критерій					Сума $\Sigma$
	Дальномір w1	ППТ w2	GNSS приймач w3	Відеоканал w4	Двигун w5	
1	5	1,5	3	4	1,5	
2	5	3	3	3	1	
3	4,5	2	3	3	1	
4	4	1,5	4	4	1,5	
5	3	2	4,5	4,5	1	
$R_{гп}$	4,3	2	3,5	3,7	1,2	
$D_i$	0,7	0,375	0,5	0,45	0,075	
$\bar{a}$	0,83666003	0,61237244	0,707106781	0,670820393	0,273861279	
$v_i, \%$	19,4572099	30,6186218	20,20305089	18,1302809	22,82177323	
c	0,175	0,75	0,375	0,325	0,95	2,575
w	0,07	0,3	0,15	0,13	0,38	1

За допомогою методу експертних оцінок визначили, що відмова двигуна та приймача повітряного тиску є найнебезпечнішими критеріями, через який не можливо виконувати подальший політ (табл.1). також за допомогою методу експертних оцінок був визначений час на кожну операцію (табл.2).

Таблиця 2. Визначення часу на виконання процедури

Операція	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9
Експерт 1	8	9	15	17	25	31	12	17	25
Експерт 2	9	7	16	12	21	32	13	21	21
Експерт 3	9	9	20	13	25	36	17	19	22
Експерт 4	5	8	16	14	31	29	16	16	20
Експерт 5	11	10	13	14	28	33	15	17	21
$R_{гp}$	8,4	8,6	16	14	26	32,2	14,6	18	21,8
$D_i$	4,8	1,3	6,5	3,5	14	6,7	4,3	4	3,7
$\delta_i$	2,19089023	1,14018	2,54951	1,87083	3,74166	2,58844	2,07364	2	1,92354
$v_i, \%$	26,0820265	13,2579	15,9344	13,3631	14,391	8,03862	14,203	11,1111	8,82357
c	-0,85	-0,9	-2,75	-2,25	-5,25	-6,8	-2,4	-3,25	-4,2
w	-0,34	-0,36	-1,1	-0,9	-2,1	-2,72	-0,96	-1,3	-1,68

Згідно отриманих даних побудована структурно-часова таблиця (табл.3).

Таблиця 3. Структурно-часова таблиця

№	Операція	Опис		Час операції, t, сек
1.	a <sub>1</sub>	Отримати інформацію з операторського місця про наявність несправності	-	8.4
2.	a <sub>2</sub>	Діагностувати з якою саме системою виникла неполадка	a <sub>1</sub>	8.6
3.	a <sub>3</sub>	Оцінити, чи можливо продовжувати політ з виведеною з ладу системою	a <sub>1</sub> , a <sub>2</sub>	16
4.	a <sub>4</sub>	Повідомити диспетчеру ПР про неполадку на борту	a <sub>3</sub>	14
5.	a <sub>5</sub>	Визначити кількість палива/АКБ на борту та його кількість у хвилинах	a <sub>4</sub>	26
6.	a <sub>6</sub>	Відокремити повітряне судно від іншого трафіку	a <sub>5</sub>	32.2
7.	a <sub>7</sub>	Встановити режим тиші при необхідності	a <sub>3</sub>	14.6
8.	a <sub>8</sub>	Інформувати екстренні служби та всі зацікавлені сторони відповідно до встановлених процедур	a <sub>6</sub>	18
9.	a <sub>9</sub>	Підтримувати політ, за допомогою будь-якої інформації, яка запитується та визнається необхідною (наприклад, місце посадки, умови і т.д.)	a <sub>3</sub>	21.8

**Результати.** Для кращого визначення результату побудований мережевий графік виконання дій (рис.1). З нього визначено: критичний шлях:  $S_{кр} = a1, a2, a3, a4, a5, a6, a8$ ; критичний час:  $T_{кр} = 8,4 + 8,6 + 16 + 14 + 26 + 32,2 + 21,8 = 127$  сек.

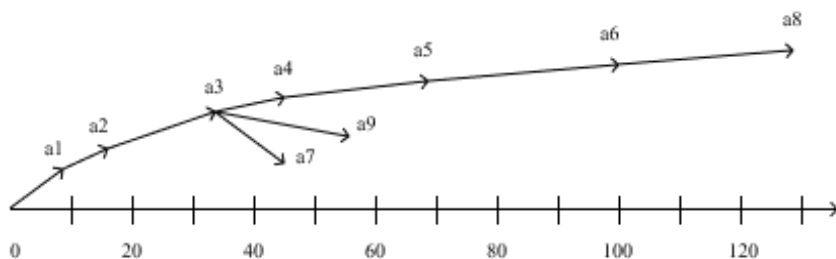


Рис.1. Мережевий графік виконання дій

### Висновки

В роботі розглянуто надзвичайну ситуацію - відмова однієї з систем БПЛА, було визначено, що відмова двигуна та приймача повітряного тиску є найнебезпечнішими критеріями, через який не можливо виконувати подальший політ. Також була побудована детермінована модель прийняття рішень в умовах визначеності. Отримані результати можуть бути використані на практичних прикладах або як рекомендації дій у подібних ситуаціях.

В майбутніх дослідженнях планується моделювання прийняття рішень операторами БПЛА в умовах невизначеності і ризику, застосування методів штучного інтелекту для підготовки даних в аварійних ситуаціях, застосування отриманих практичних результатів для ефективного виконання конкретних цільових задач БПЛА, наприклад, для термінової доставки медикаментів у важкодоступній місцевості [4; 5].

### Список використаних джерел

1. EASA. Introduction of a regulatory framework for the operation of drones. Technical Opinion. A-NPA 2015-10 URL: <https://www.easa.europa.eu/>
2. Unmanned Aerial Vehicles: Breakthroughs in Research and Practice. Information Resources Management Association (USA)/ Chapter 8: Applications of Decision Support Systems in Socio-Technical Systems / Tetiana Shmelova, Yuliya Sikirda, - International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research, USA, Pennsylvania. IRMA 2019. – P.182-214
3. Manual of Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS), 1st ed., Doc. 10019/AN 507. Canada, Montreal: ICAO, 2015.
4. Shmelova, T., Sterenharz, A., & Burlaka, O. Optimization of flows and flexible redistribution of autonomous UAV routes in multilevel airspace. In CEUR Vol 2805 Workshop Proceedings (Vol. 2393, pp. 704–715).
5. Shmelova, T., Smolanka, V., Sikirda, Y., & Sechko, O. (2024). Real-time monitoring and diagnostics of the person's emotional state and decision-making in extreme situations for healthcare. *Decision Making and Analysis*, 2(1), 11–32. <https://doi.org/10.55976/dma.22024121911-32>