

Гончаренко Євген Володимирович (PhD)

<https://orcid.org/0000-0001-7654-6083>

Блискун Олександр Євгенійович

<https://orcid.org/0000-0002-7751-8613>

Ткаченко Анатолій Володимирович

<https://orcid.org/0000-0001-7316-5437>

Ковба Орест Петрович

<https://orcid.org/0000-0001-5154-7151>

Титаренко Олександр Іванович

<https://orcid.org/0000-0002-3523-9519>

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

## ЗАСТОСУВАННЯ ПІДХОДІВ ТЕОРІЇ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ АВІАЦІЙНОГО ПЕРСОНАЛУ

У статті розглянуті сучасні погляди на оцінювання підготовленості авіаційного персоналу до виконання завдань за призначенням. Метою статті є зменшення рівня ризиків, пов'язаних з випуском у політ невідготовленого екіпажу, допуску до експлуатації авіаційної техніки або керівництва польотами осіб, що не готові до виконання завдань. У статті визначені показники, що обумовлюють небезпеку та можуть призвести до загрозової ситуації, які враховуються на етапі проходження даних від системи збору даних до системи прийняття рішення через фільтр стану безпеки. Проведено формалізацію оцінки рівня підготовки авіаційного персоналу. За рахунок отриманих наукових результатів, викладених у статті та їх впровадження, можна буде досягти: підвищення загального рівня безпеки польотів; зменшення ризиків виникнення авіаційних подій пов'язаних з допуском до виконання завдань невідготовленого особового складу у конкретних умовах обстановки; здійснення постійного моніторингу підготовленості авіаційного персоналу; оперативного формування управлінських рішень; скорочення часу на прийняття рішення командирами усіх рівнів.

**Ключові слова:** Державна авіація, авіаційний персонал, безпека польотів, авіаційні події, мінімізації ризиків, льотна підготовка.

### Вступ

Питання забезпечення безпеки польотів (БзП) в суб'єктах авіаційної діяльності Державної авіації (ДА) України займають пріоритетні позиції. Так, за останні декілька років, під час експлуатації авіаційної техніки зросла інтенсивність аварій та катастроф. Результати розслідувань, проведених технічними комісіями Міністерства оборони України, свідчать, що головною причиною авіаційних подій (АП) є, так званий, "людський фактор" [1-5]. Однак, більш детальний аналіз АП свідчить про те, що вони сталися внаслідок: порушень в організації польотів, порушень під час виконання відновлювальних робіт та ремонту авіаційної техніки, та найчастіше – недисциплінованості та недостатній професійній підготовці (навченості) авіаційного персоналу.

**Мета дослідження** полягає в мінімізації ризиків випуску у політ невідготовленого екіпажу, допуску до експлуатації авіаційної техніки або керівництва польотами осіб, що не готові до виконання завдань шляхом впровадження автоматизованої системи управління підготовкою авіаційного персоналу ДА України..

### Виклад основного матеріалу дослідження

В ДА України, під авіаційним персоналом прийнято розуміти персонал, який пройшов спеціальну фахову підготовку та має свідоцтво, а саме: льотний склад, наземний склад авіації, який безпосередньо здійснює керівництво польотами та управління повітряним рухом, виконує операції з підтримання льотної придатності (технічної експлуатації) повітряних суден, їх компонентів і обладнання [6].

Контур управління підготовкою авіаційного персоналу до виконання завдань (рис. 1) є складовою частиною системи забезпечення БзП суб'єктів авіаційної діяльності в ДА України. До його складу входять системи збору даних про хід підготовки, планування та оперативного управління підготовкою авіаційного персоналу, а також система підтримки прийняття рішення, що ґрунтується на вихідних даних фільтру виявлення стану небезпеки.

За критерій управління тут виступає підтримання прийнятного рівня БзП у секторі питань що відносяться до "людського фактору". Об'єктом керування виступає процес підготовки льотних екіпажів, осіб зі складу груп керівництва

польотів (ГКП) та інженерно-технічного складу (ІТС).

Звичайно, впливати на рівень БзП можна не тільки за рахунок управління ходом підготовки авіаційних фахівців. Також, не менш важливо підтримувати на належному рівні надійність роботи авіаційної техніки, наземних засобів забезпечення польотів, ефективність роботи сил та засобів організації управління повітряним рухом, тощо. Однак, як показують дослідження останніх АП в ДА [1-5], фактор неготовності (невідповідності рівня підготовки) авіаційного персоналу до конкретної обстановки, що виникла у польоті, служить причиною аварій та катастроф.

Вхідний ланцюг даного контуру управління представлений датчиками, які формують дані про стан об'єкту управління (значення показників якості підготовки авіаційного персоналу (авіаційних фахівців)), а також фільтром, який на підставі аналізу вхідних даних ( $X_1, X_2, X_3, Q_1, Q_2, Q_3$ ), визначає момент втручання в управління внаслідок відхилення фактичного стану об'єкта управління від його потрібного або заданого стану (рівня підготовки) та формує сигнал "тривоги"  $S_T$ .

$$S_T = \begin{cases} 1, \gamma \\ 0, \bar{\gamma} \end{cases},$$

де  $\gamma$  – показник безпеки,

$$\gamma = \begin{cases} X_1 < Q_1 \\ X_2 < Q_2 \\ X_3 < Q_3 \end{cases}$$

де  $Q_1, Q_2, Q_3$  – критерії, що визначають граничний рівень підготовки авіаційного персоналу.

Вхідними даними про стан підготовки авіаційних фахівців є наступні відомості:

відомості про рівень льотної підготовки льотного складу, у тому числі – дані об'єктивного контролю про дії екіпажу в повітрі при виконанні польотних завдань та дані хронометражу реалізованих планових таблиць польотів,  $X_1$ ;

відомості про рівень професійної підготовки осіб зі складу груп керівництва польотами,  $X_2$ ;

відомості про рівень професійної підготовки інженерно-технічного складу,  $X_3$ .

У свою чергу, відомості про рівень льотної підготовки льотного складу складаються із широкого переліку показників, таких як: загальний наліт; рівень класної кваліфікації; досягнутий рівень підготовки відповідно до курсів бойової

підготовки родів авіації (КБП), тощо. Тобто є багатовекторним значенням  $X_1^i, i = 1, m$ ;

де  $m$  – кількість показників для оцінювання льотного складу (нормативними документами, що визначають організацію та проведення льотної підготовки та оцінювання авіаційного персоналу державної авіації України [7-10], зазначається більше 30 показників).

Фільтр, який є основним елементом у вхідному ланцюгу контуру управління, виявляє невідповідність фактичних вхідних даних  $X_1^i$  встановленим критеріям щодо встановленого рівня підготовленості авіаційних фахівців  $Q_j^i$  і вказує на  $i$ -тий або  $j$ -тий елемент системи, в якому виникає або може виникнути загрозна ситуація з точки зору БзП.

Небезпека, яка діагностується за допомогою фільтру, вимірюється наступними показниками:

відповідністю рівнів підготовки льотного складу  $\varepsilon_1$ , осіб зі складу ГКП  $\varepsilon_2$  та ІТС  $\varepsilon_3$  змісту запланованих польотних завдань на найближчу перспективу;

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= f(X_1^i, Q_1^i), \\ \varepsilon_2 &= f(X_2^i, Q_2^i), \\ \varepsilon_3 &= f(X_3^i, Q_3^i); \end{aligned}$$

показники щодо відхилення від планів підготовки авіаційних фахівців на визначений період,  $\Delta P$ .

Зміст поняття "рівень професійної підготовки", через складність вибору критерію оцінки, має якісний характер. Тому, на даний час в державній авіації України, визначення рівня професійної підготовки авіаційного персоналу проводиться здебільшого суб'єктивно, тому що у всіх системах Контуру управління підготовкою авіаційного персоналу присутній "людський фактор".

Запропонована автоматизована система управління підготовкою авіаційного персоналу забезпечить ряд переваг у порівнянні з існуючими – "класичними" методами перевірки підготовленості у Державній авіації України. Головне, на думку авторів, вона дозволяє зменшити залежність від суб'єктивної думки експерта (командира). Зменшуючи суб'єктивну складову, можна підвищити якість оцінювання, що в свою чергу позитивно вплине на якість управління авіаційним персоналом та в цілому забезпечить підвищення ефективності заходів забезпечення безпеки польотів.

Перейти до кількісних оцінок можна з використанням підходів теорії нечітких множин [11-14].

Формалізація оцінки рівня підготовки може бути виражена як коротке:

$$\langle \varepsilon_j, T, K, G \rangle,$$

де  $\varepsilon_j$  – назва лінгвістичної змінної (відповідність рівнів підготовки авіаційного персоналу);

$T = \{ \text{“високий”}, \text{“достатній”}, \text{“середній”}, \text{“небезпечний”} \}$  – терми лінгвістичної змінної;

$K = [0,1]$  – межі визначення лінгвістичної змінної;

$G = \{ \mu_{\varepsilon}(X) | X \}$  – нечітка множина на  $K$ , яке характеризується функціями приналежності.

Кожному терму лінгвістичної змінної відповідає нечітка множина та функція приналежності кожного елемента глобальної множини даному терму. Функція приналежності зазначених термів будується на основі методу експертного опитування. Елементами глобальної множини є числові експертні оцінки характеристик відповідей авіаційних фахівців, що проходять перевірку за визначеною оціночною шкалою.

Необхідність внесення змін у процес підготовки авіаційного персоналу визначається особою, яка приймає рішення на підставі аналізу інформації, що надходить з фільтру.

Для змінення порядку функціонування контуру управління підготовкою авіаційного персоналу до виконання завдань формуються наступні команди:

на коригування критеріїв, завдання та ресурсне забезпечення підготовки авіаційних фахівців на півріччя та на рік,  $U_1$ ;

на внесення змін до поточних планів підготовки,  $U_2$ ;

на коригування порядку виконання завдань льотної підготовки та інших заходів підготовки безпосередньо у підпорядкованих частинах та підрозділах з метою своєчасного виявлення небезпечних ситуацій,  $\varepsilon_1, \varepsilon_2$  та  $\varepsilon_3$ .

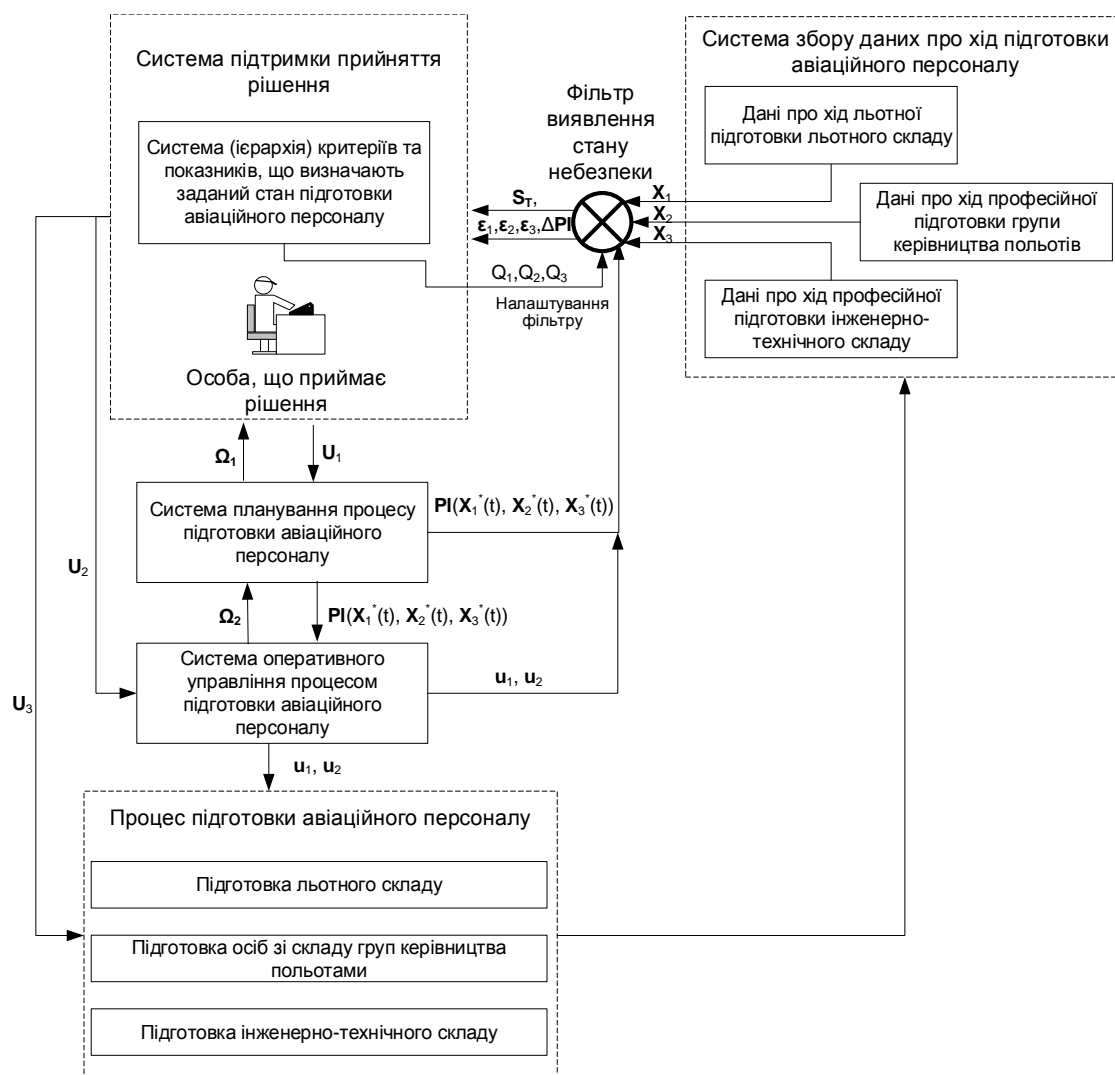


Рисунок 1. Контур управління підготовкою авіаційного персоналу до виконання завдань

## **Висновки**

Таким чином, за рахунок впровадження контуру управління підготовкою авіаційного персоналу до виконання завдань можна досягти:

підвищення загального рівня безпеки польотів за рахунок удосконалення системи управління підготовкою авіаційного персоналу шляхом мінімізації залежності від суб'єктивної думки експерта під час оцінювання рівня підготовки авіаційного персоналу;

мінімізації ризиків випуску у політ невідготовленого (недостатньо готового) екіпажу, допуску до експлуатації авіаційної техніки або керівництва польотами осіб, що не готові до виконання завдань;

здійснення постійного моніторингу стану підготовленості авіаційного персоналу на всіх рівнях прийняття рішення від авіаційної ескадрильї до Командування ПС ЗС України;

оперативного формування управлінських рішень, щодо негайного впливу на діяльність авіаційної системи у разі виявлення відхилень від вимог нормативних документів для підтримання необхідного рівня безпеки польотів і компенсування виявлених ризиків;

Скорочення часу на прийняття рішення командирами усіх рівнів на визначення екіпажів для виконання конкретних завдань за рахунок впровадження системи підтримки рішення

## **Список використаних джерел**

1. Командування Повітряних Сил Збройних Сил України інформує щодо катастрофи винищувача Су-27 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mil.gov.ua/news/2018/12/16/komanduvannya-povitryanih-sil-zbrojnih-sil-ukraini-informue-shhodo-katastrofi-vinishhuvacha-su-27/>.
2. Аварія Су-27: у ВПС ЗСУ підтвердили загибель військово-службовця США [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.5.ua/suspilstvo/avariia-su27-u-vps-zsu-pidтверdy-ly-zahybel-viiskovoslužbovtisia-ssha-179500.html>.
3. Жертвами аварії Мі-2 стали п'ять офіцерів ЗСУ – Міноборони [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.pravda.com.ua/news/2017/03/27/7139406>.

4. Катастрофа літака на Хмельниччині: Прокуратура розслідує порушення правил польотів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.pravda.com.ua/news/2017/09/29/7156814>.

5. Катастрофа Су-25: експерт пояснив, чому розбився самолет [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.obozrevatel.com/crime/07243-katastrofa-su-25-ekspert-obyasnil-rochemu-razbilsya-samolet.htm>. Інструкція про класифікацію авіаційного персоналу державної авіації України (наказ Міністерства оборони України від 05.01.2015 № 3, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 23.01.2015 за № 79/26524).

6. Oleksandr Blyskun, Yevhen Honcharenko Volodymyr Herasymenko et al., Determining the Level of Flight Crew Readiness Based on Fuzzy Logic Approaches. Science of Europe #80 (2021) pp. 46–49.

7. Правила виконання польотів державної авіації України” (Наказ Міністерства оборони України від 05.01.2015 № 2, зареєстровано в Міністерстві юстиції України (26 січня 2015 р. за №82/26527).

8. Y. Honcharenko, O. Blyskun, O. Martyniuk Flight safety fuzzy risk assessment for combat aviation system, in: Proceedings of the 2nd. IEEE International Conference on Advanced Trend in Information Theory, Kyiv, 2020, pp. 132–137.

9. Doc 82/26527, Pravyly vykonannya pol'otiv v derzhavnij aviacii Ukrainy, Ofic. vid., MOU, Kyiv, 2015.

10. Штовба С.Д. Побудова функцій належності нечітких множин за кластеризацією експериментальних даних: інформаційні технології та комп'ютерна інженерія – 2006. №2. С. 92-95.

11. Бочарников В.П., Бочарников І.В., Свешников С.В. Основы системного анализа и управления организациями. Теория и практика. – М.: ДМК Пресс, 2014. – 286с.

12. Lawrence I. Larkin A fuzzy logic controller for aircraft flight control. [Електронний ресурс] // – Режим доступу: [https://www.researchgate.net/publication/224682098\\_a\\_fuzzy\\_logic\\_controller\\_for\\_aircraft\\_flight\\_control/29.05.2021\\_p](https://www.researchgate.net/publication/224682098_a_fuzzy_logic_controller_for_aircraft_flight_control/29.05.2021_p).

13. A. Leonenkov, Fuzzy modeling in Matlab and Fuzzy Tech, St. PTB, BHV, 2003, ISBN 5-94157-087-2.