

УДК 656.7.084.17(08)

О.М. РЕВА<sup>1</sup>, А.М. НЕВИНЩИН<sup>2</sup>, Ш.Ш. НАСІРОВ<sup>3</sup>,  
В.А. ШУЛЬГІН<sup>2</sup>, Ю.Ю. БІРЮКОВ<sup>4,1</sup>

<sup>1</sup> Кіровоградський національний технічний університет, Україна

<sup>2</sup> Державна льотна академія України, Кіровоград, Україна

<sup>3</sup> Головний центр єдиної системи управління повітряним рухом  
Азербайджанської Республіки,

<sup>4</sup> Львівський регіональний структурний підрозділ ДП "Укראерорух", Україна

## ФРЕЙМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ ПОМИЛОК АВІАДИСПЕТЧЕРІВ

*Враховуючи систематичний і сталий вплив людського чинника на безпеку польотів, а також недоліки сучасних методів і технологій розслідування авіаційних пригод, виниклих внаслідок помилкових дій авіадиспетчерів під час безпосереднього управління повітряним рухом, розроблена методологія здійснення відповідного аналізу за допомогою фреймів, як обов'язкової складової інтелектуальної системи підтримки рішень. Відповідний модуль у вигляді програмного продукту доведений до практичної реалізації у тренажерному центрі обслуговування повітряного руху, що дозволило здійснювати повний і всебічний аналіз помилкових дій авіадиспетчерів і сприяє проактивному їх попередженню в професійній діяльності.*

**Ключові слова:** безпека аеронавігаційної системи, людський чинник, помилки авіадиспетчерів, інтелектуальна система підтримки рішень, фрейми

### Постановка проблеми

На теперішній час загально визнано, що авіаційний оператор (авіадиспетчер (А/Д), пілот), чи колективи авіаційних операторів (диспетчерська зміна, льотний екіпаж) дійсно є "останнім рубежем оборони" у справі забезпечення безпеки польотів (БП) повітряних суден (ПС) [1 – 3]. Проте, з іншого боку, саме людський чинник (ЛЧ) вже кілька десятиліть є сталою першопрчиною більшості авіаційних пригод (АП) [4 – 6]. Таким чином, питання досліджень професійної діяльності і підготовки авіаційних операторів, особливо їх помилкових дій, є перманентно важливими і актуальними.

### 1. Аналіз досліджень і публікацій

До особливостей діяльності А/Д в аеронавігаційній системі відносяться [7]:

– *інформаційний характер праці:* процес обслуговування повітряного руху (ОПР) полягає в передачі, обробці й аналізі інформації між суміжними А/Д, оперативними службами й екіпажами ПС;

– *поліергатицизм і монофункціональність* (протягом польоту процес ОПР забезпечується діяльністю багатьох А/Д з персональною відповідальністю за забезпечення процедур ОПР у своїй зоні);

– *дистанційний характер:* А/Д одержує і передає оперативну інформацію про динамічну повіт-

ряну обстановку від автоматизованих систем (АС) ОПР на робочому місці й екіпажів ПС;

– *динамічність об'єктів керування і параметрів навколишнього середовища:* ОПР здійснюється в умовах постійної зміни повітряної обстановки, параметрів по-льоту і метеорологічних умов, ПС змінюють швидкість, напрямок і профіль польоту, А/Д діє в умовах обмеженого ресурсу часу на прийняття оперативних рішень;

– *прогностичність:* в процесі ОПР А/Д змушений здійснювати екстраполяцію руху ПС, оскільки інформація про їх положення у просторі середовища надходить до нього через дискретні проміжки часу;

– *емоційна напруженість:* в процесі професійної діяльності А/Д можливі ситуації, зв'язані з виникненням складних умов і особливих випадків у польоті, що сприяє сильному емоційному впливу і провокує стресові стани.

І оскільки у процесі професійної діяльності можливі помилки, визначимось з деякими їх поняттями. Як витікає з [8], "помилкова дія – це загальна назва для цілого класу дій "з дефектом", при виконанні яких виявляються помилки різного характеру. До помилкових дій відносяться: мовні помилки, описки, помилки при слуханні або читанні, помилки пам'яті та ін."

Щоб невірну дію можна було б вважати помилкою, необхідно, щоб людина, яка здійснює таку дію, була вільною (інакше ця дія буде примусовою

або спонтанною). При цьому вона повинна адекватно оцінювати поточну інформацію (у протилежному випадку це буде оману), знати, яка дія є у такому випадку правильною (інакше це просто проба), мати душевні сили (інакше це буде слабовіллям), не нести за нього кримінальну відповідальність (інакше це буде злочином). Отже, *помилка*, - це відхилення у здійсненні тих процедур професійної діяльності, котрі людина вміє здійснювати правильно, але ж при цьому її не можна звинуватити у несумлінному відношенні до своїх обов'язків (інакше це буде проступком) [9].

Якщо говорити про помилки людини-оператора (Л-О), то за визначенням, поданим у [10], - "це така дія або бездіяльність, що привела до відхилення керованих параметрів технічної частини системи за допустимі границі або заборонені правилами".

При аналізі причин помилок людини здійснюється визначення їх міста у структурі діяльності, а також діючих факторів (рис. 1, 2) [10,11].

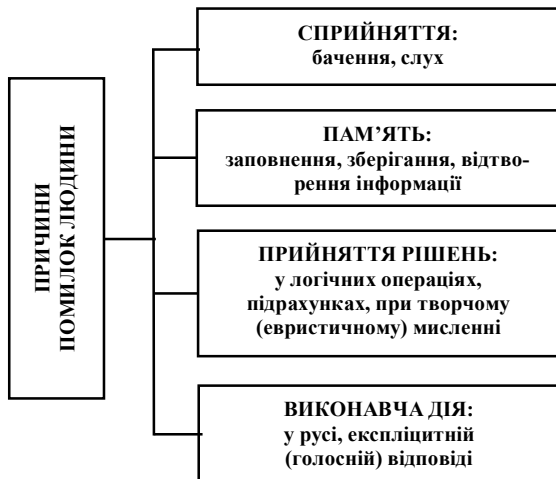


Рис. 1. Локалізація причин і помилок у структурі діяльності авіаційного оператора

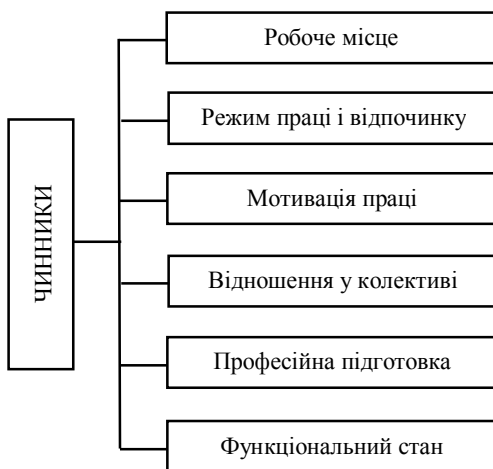


Рис. 2. Чинники причин помилок людини-оператора

У психології пізнання розглядається така класифікація помилок [8]: помилки-ляпсуси; помилки з-за недостатньої кваліфікації; випадкові збої; помилки внаслідок невиконання правил; помилки внаслідок недостатку знань; систематичні помилки; випадкові помилки.

Таким чином, з наведеного витікає, що помилки, недогляди, недоліки, огріхи підстерігають людину на кожному кроці, провокують неправильні рішення, що часто волоче за собою рокові наслідки. Від деяких свідомо помилкових кроків організаційно-психологічного характеру – не можна просто так відмахнутись.

На усунення такого роду помилок й орієнтуються організаційна психологія [12] і організаційна ергономіка [13].

Враховуючи наведене, ІКАО видала спеціальний циркуляр з попередження негативного впливу ЛЧ саме на організаційному рівні діяльності авіаційної транспортної системи (АТС) та її складових, до яких, безумовно, слід віднести систему "пілот (екіпаж) – ПС – орган ОНР" [14].

Виходячи з наведеного, зацікавлені вчені та фахівці приділяють суттєву увагу питанням дослідження помилкових дій авіаційних операторів [1, 7, 15-17 та ін.]. Порівняльний аналіз відповідних результатів проведений у праці [18], в якій вказано на недосконалість переліку характерних помилок А/Д та доведена необхідність використання сучасних методів фреймів для аналізу і встановлення природи помилок.

## 2. Постановка завдання

**Мета статті** – розробка і практична реалізація в практиці професійної підготовки А/Д модулю інтелектуальної системи підтримки рішень в процесі аналізу їх помилкових дій.

## 3. Застосування фреймів для розробки інтелектуальної системи аналізу помилок авіадиспетчерів

Враховуючи вищезазначене, одним зі співавторів, Ш.Ш. Насировим, разом з І.А. Гасановим був розроблений перелік характерних помилок А/Д, які дозволяють повно і всебічно висвітлювати недоліки його праці під час безпосереднього управління повітряним рухом (УПР):

- порушення фразеології радіообміну;
- неузгодженість входу ПС у зону суміжного УПР;
- порушення побіжних тимчасових інтервалів;
- порушення зустрічних тимчасових інтервалів;
- порушення інтервалів між ПС, що летять по курсам, що перетинаються;

- безадресна передача повідомлень А/Д;
- помилка у визначенні позивного ПС;
- помилка в ідентифікації ПС;
- помилкове використання диспетчерського графіка;
- відсутність на стріпі оцінки А/Д о передачі керування суміжному диспетчерському пунктові (ДП);
- відсутність на стріпі оцінки А/Д щодо узгодження входу ПС у зону УПР суміжного ДП;
- порушення А/Д погодженого географічного рубежу передачі УПР;
- порушення А/Д погодженого тимчасового рубежу передачі УПР;
- недбалість у нанесенні на стріп літерно-цифрової інформації (можливість двоякої інтерпретації);
- неекономічне УПР;
- порушення процедури прийому і здачі чергування;
- не відображення на стріпі виданих команд про зміну висоти або напрямку польоту;
- спроба керувати ПС після спрацьовування в них системи TCAS у режимі resolution advice;
- помилки введення інформації про ПС в АС;
- порушення технології роботи при особливих випадках у польоті;
- порушення у використанні повітряного простору.

Оскільки перелічені помилки допускаються в процесі УПР, то при аналізі вчинку А/Д розглядаються: сприйняття задачі, мотивація на її розв'язання, оцінка варіантів рішення, ПР з його реалізацією і результат дії. Так, фрейм сприйняття А/Д задачі в його вчинку А формально може бути виражений так:

$$\Phi_p(A) = \left\{ F_{t_0}^-(X, Y) \mid (X, Y) \in W_2 \right\}. \quad (1)$$

Ця множина будується для всіх пар  $(X, Y)$  із групи  $W_2$ .

Фрейм мотивації А/Д до розв'язання задачі подається так:

$$\Phi_m(A) = \left\{ F_{t_0}^-(X, Y) \mid (X, Y) \in W_2 \right\}. \quad (2)$$

Він будується теж стосовно тільки до групи впливів  $W_2$ .

Фрейм оцінки варіантів рішення  $\left\{ \Phi_v^{(i)}(A) \right\}_{i=1}^n$  подається у виді  $n$  ( $n \geq 2$ ) описів, кожне з яких виражається в такий спосіб:

$$\Phi_v^{(i)}(A) = \left\{ F_{t_0}^-(X, Y) \mid (X, Y) \in W \right\} \cup \left\{ F_{t_0}^+(X, Y) \mid (X, Y) \in W_3 \right\}. \quad (3)$$

Фрейм ПР і його реалізацій описується так:

$$\Phi_r(A) = \left\{ F_{t_0}^-(X, Y) \mid (X, Y) \in W \right\} \cup \left\{ F_{t_0}^+(X, Y) \mid (X, Y) \in W_3 \right\}. \quad (4)$$

Фрейм результату вчинку (наслідків)  $\Phi_c(A)$  здобуває такий вид:

$$\Phi_c(A) = \left\{ F_{t_0+\Delta}^-(X, Y) \mid (X, Y) \in W_3 \right\} \cup \left\{ F_{t_0+\Delta}^+(X, Y) \mid (X, Y) \in W_3 \right\}. \quad (5)$$

Повний же фрейм усього вчинку А утворюється п'ятіркою фреймів, що його утворюють:

$$\hat{O}(A) = \left\{ \hat{O}_p(A), \hat{O}_m(A), \hat{O}_v(A), \hat{O}_r(A), \hat{O}_c(A) \right\}. \quad (6)$$

Висновок про вчинок, про причини допущеної в ньому помилки здійснюється за допомогою спеціальних класифікаторів, що служать для поділу учинків по найбільш істотних розходженнях і об'єднання фреймових описів по найбільш істотних подібностях. Такі класифікатори дозволяють на основі логічного аналізу фреймів учинків робити висновки про їхні особливості, у тому числі і про причини допущених у них помилок. Розглядаються дві категорії базових класифікаторів:

- 1) – класифікатори модальних характеристик окремих впливів у фреймі вчинку;
- 2) – класифікатори ступеня значимості різних впливів у фреймових описах.

Використання базових класифікаторів створює можливість проводити загальний поділ учинків, давати їм визначене трактування по різних аспектах, у т.ч. і на основі співвіднесень їх об'єктивних і суб'єктивних показників. Для більш тонкої класифікації вчинків з наявних базових класифікаторів шляхом використання логічних операцій перетинання, об'єднання і доповнення були виведені деякі додаткові класифікатори. Завдяки додатковим класифікаторам з'явилася можливість враховувати у фреймі такі характеристики А/Д як Л-О, як його передбачення, устремління, повинність і т.п. Це дозволяє проводити більш глибокий психологічний аналіз спонукань Л-О в даному вчинку, співвідносити його поведіння з різними нормами і робити юридично обгрунтовані висновки про винність або невинність Л-О в даному порушенні роботи системи. Якщо виявляється його винність, то можна конкретно вказати, у чому вона виражається - чи був у ній прямий або непрямий намір, чи проявилася у вчинку самовпевненість або недбалість і т.д.

Отже, з розгляду сутності запропонованого методу, використовуваних у ньому засобів впливає, що за допомогою його можна здійснювати форма-

льні описи різних учинків А/Д і по них проводити аналіз виникаючих у них помилок. І як уже відзначалося, вчинок у запропонованому методі оцінюється з позиції зазначених вище п'яти аспектів, кожний з яких описується відповідним набором фреймів. Тому, незважаючи на можливе зовнішнє і внутрішнє розходження аналізованих учинків, усі вони описуються тими самими типовими показниками, побудованими за єдиними правилами і що дозволяють вести аналіз учинків по загальній типовій схемі.

Особливе достоїнство методу аналізу вчинків за допомогою фреймових описів полягає в можливості проведення деякого наскрізного дослідження вчинку: від його елементарного осередку (окремого впливу у фреймі) → через вивчення групи впливів → до розбору вчинку в цілому. Таким чином, відкривається можливість через побудову алгоритмів різних рівнів аналізу діяльності (окремих його впливів, етапів, алгоритмів об'єктивного і суб'єктивного плану) будувати загальний алгоритм аналізу діяльності.

Виходячи з призначення даного методу автоматизованого аналізу діяльності на предмет установлення причин допущених у ній помилок, використовувани в ньому алгоритми виявляються націленими на виявлення зовнішніх обставин, що провокують помилки, якостей, станів і показників діяльності А/Д, що сприяють їхньому виникненню, і т.п. [19].

Варто помітити, що для проведення аналізу вчинку потрібно досить велике число вихідних даних (сотні ознак). Тому в запропонованому методі передбачені правила редукування числа таких даних, коли по раніше отриманій інформації уже можна зробити висновок про причини допущеної помилки.

Враховуючи наведене, була розроблена структурно-функціональна схема автоматизованого аналізу помилок А/Д (рис. 3).

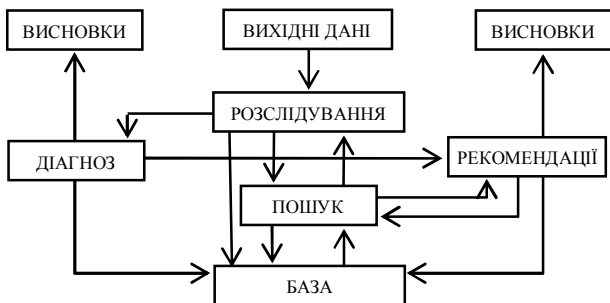


Рис. 3. Структурна схема автоматизованого аналізу помилок авіадиспетчера

Для здійснення аналізу якоїсь конкретної помилки А/Д в підсистемі “Розслідування” потрібно зібрати перелік суворо стандартизованих даних про неї. Уведення цих даних в ЕОМ здійснюється в діа-

логовому режимі шляхом відповідей на питання, що у суворо заданій послідовності пред'являються на екрані дисплея. Самі питання й отримані на них відповіді даються в словесній формі. Цей аналіз ведеться під постійним комп'ютерним контролем логічної відповідності нових даних раніше введеної інформації. Класифікація зібраних даних і реконструювання з них потрібних додаткових зведень здійснюється на основі комплексу спеціально розроблених програм. Ці ж програми за допомогою запропонованих процедур ПР дозволяють оцінювати розглянуті А/Д варіанти рішення виниклої в нього задачі і встановлювати, яке з рішень було для нього більш кращим і чому.

У підсистемі “Діагноз” на основі спеціальних програм здійснюється висновок про причини досліджуваної помилки і фактори, що сприяють її виникненню. Загальний висновок про причини помилки видається на екрані дисплея в словесній формі. Дані про помилку і висновок щодо її причини далі надходять у підсистемі “Рекомендації” і “База”.

Підсистема “Рекомендації” має структуру, аналогічну структурі підсистемі “Діагноз”. У ній діють програми керованого введення рекомендацій, котрі, враховуючи узагальненні знання про минулі помилки і прийнятих по них мірах, а також знання про їх ефективність вказують шляхи профілактики даної категорії помилок.

В процесі аналізу причин даної помилки передбачена можливість звертання через підсистему “Пошук” до підсистемі “База” для одержання зведень про помилки і їх наслідки, що раніше виникали в системі керування, що розглядається. Крім того, підсистема “Пошук” дозволяє встановлювати сталі причини допущених помилок і прогнозувати інші можливі помилки.

Застосування запропонованої системи аналізу полягає не стільки в одержанні остаточних висновків про причини помилок А/Д, скільки у використанні її як засобу підтримки рішень комісією з розслідувань причин АП [20]. У цій системі закладені знання, потрібні для розслідування причин помилок А/Д. Тому її можна розглядати як експертну, тобто таку, що виступає в ролі помічника, що направляє процес розслідування причин помилок у правильному напрямку, і радника при їхньому діагностуванні.

Запропонована система аналізу, заснована на використанні тих самих фреймових описів (природно, з їхнім різним наповненням), що відбивають суть учинків, і уже сама по собі вказує, які саме зведення необхідні для виявлення їхніх побудовників, тобто направляє всі аналізи помилок у єдину загальну схему і виключає можливості пропуску при цьому чогось істотного. Важливою перевагою запропо-

нованого методу є і створення бази даних про помилки А/Д і їхньої сутності в розглянутому типі людино-машинних систем з можливістю одержання по запитах необхідних зведень про кожній раніше виниклій помилці.

Як витікає з викладеного, метод автоматизованого аналізу помилок А/Д орієнтований на виявлення порушень у строго нормованій діяльності. При цьому також важливо, щоб забезпечувалася можливість оцінювати і ступінь відхилення керованих параметрів від установлених норм. Послідовність реалізації цього методу аналізу така.

1. Вибір системи керування, у якій будуть аналізуватися помилки Л-О. У нашому випадку такою системою є складна полієргатична система “той, якого навчають (А/Д) - інструктор тренажерного центру (ТЦ) УПР – тренажерні засоби (ТрЗ) – екіпаж ПС (оператор)”.

2. Створення експертної групи, що проводить розслідування подій. У групу включаються, з одного боку, фахівці з математичного моделювання, які володіють запропонованим методом аналізу, а, з іншого боку, фахівці, які займаються вивченням і виявленням причин помилкових дій А/Д в розглянутій системі і досконало знають цю операторську діяльність, а саме А/Д-інструктори. Присутність професійного авіаційного психолога є також обов'язковим.

3. Виділення експертами технічних і організаційних норм, вимог, що обмежують функціонування досліджуваної системи, її керованого об'єкта і діяльність у ній Л-О (А/Д). Установлення також різних юридичних, моральних, етичних і інших норм, що тією чи іншою мірою звичайно порушуються оператором розглянутої системи.

4. Виділення експертами загального спектру помилкових дій А/Д, що підлягають аналізу. Найбільший інтерес являють собою помилки з важкими соціальними і матеріальними наслідками, а також такі, що часто зустрічаються. Спеціальним об'єктом дослідження є помилки, зв'язані з рішенням визначеного кола задач, з використанням спеціальних засобів, з деякими особливими умовами діяльності А/Д і т.п.

5. Для виявлення й аналізу помилок А/Д в даній системі розробляється фреймовий опис його діяльності, що дозволяє охопити весь спектр розв'язуваних їм задач керування і, природно, весь спектр можливих при цьому помилок. Такі описи створюються на основі адаптації загального фреймового опису (рис. 4) до розглянутої діяльності А/Д з виключенням непотрібних підструктур, об'єднанням наявних або, навпаки, з доповненням необхідних підструктур або розгортанням окремих з них.

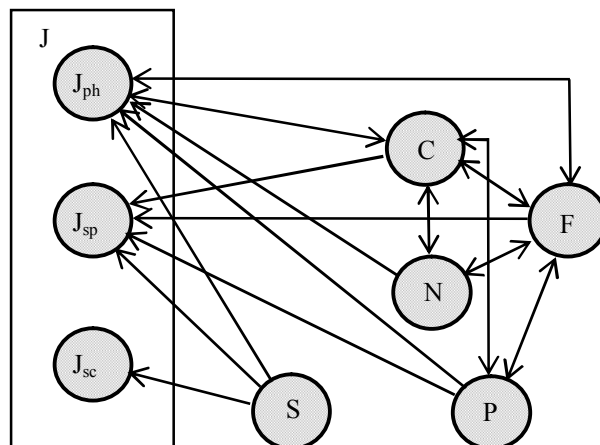


Рис. 4. Фрейм, що описує дії людини-оператора:

- – підструктури в фреймовому описі;
- ← – зв'язки між підструктурами

6. Розробка згідно фреймового опису діяльності А/Д переліку необхідних для проведення аналізу вихідних даних про помилки і зв'язаних з ними подіях, що повинні збиратися при їхньому розслідуванні, створення опитувальників для збору цих даних. При цьому необхідно збирати відомості, що дозволяють оцінювати не просто вплив підструктур фрейму, але цілі “віяла” різних варіантів цих впливів, що враховують можливість появи впливів різної інтенсивності, бажання, думки, передбачення, повинності та інші модальні характеристики, що визначають діяльність А/Д.

У результаті утвориться досить значний перелік даних, що приходится збирати для аналізу помилок А/Д. Однак, як показує практика, для вивчення причин більшості помилок стільки зведень просто не потрібно. У зв'язку з цим серед усіх даних, що збираються, виділяються основні, котрі звичайно необхідні у всіх розслідуваннях, і додаткові, у яких виникає необхідність у конкретних випадках. Виходячи з цього, створюються вхідні форми основних даних, що збираються при будь-якому аналізі, і форми додаткових даних, збір яких визначається за результатами аналізу основних даних. У деяких випадках, коли не вдається одержати пряму відповідь від учасника події, психолог з комісії розслідування збирає непрямі відомості і по них дає відповіді на деякі питання.

7. Розробка машинних програм для аналізу помилок по фреймових описах розглянутої діяльності. Крім проведення основного аналізу, у них передбачаються перевірки повноти і несуперечності введених у машину даних. Для подібних аналізів можна використовувати звичайні персональні комп'ютери. Зібрані дані про те, що трапилося, у прийнятій формі вводяться в ПЕОМ і після їхньої обробки

одержуються рекомендації по аналізу. На основі цих висновків комісія робить висновок про причини помилок.

З подібних висновків формується загальна база даних про події в розглянутій системі керування і допущених у ній помилках А/Д, що після тиражування може використовуватися для узагальнень і наступних аналізів подій.

8. Висновок комісії з розслідування причин помилки або події. Цей висновок робиться після обговорення результатів комп'ютерного аналізу, врахування всіх побічних зведень, отриманих при розслідуванні події, зіставлення висновків машинного аналізу з викликаними з бази даних зведеннями про подібні помилки, що виникали в минулому, тобто остаточний висновок про причини помилки або події дає комісія, яка використовує висновки машинного аналізу в тій мірі, у якій вона вважає це необхідним.

Відповідний програмний продукт реалізований в операційному середовищі Microsoft Windows.

Завершуючи характеристику методу автоматизованого аналізу помилок А/Д, важливо відзначити, що цей метод по своїй сутності виконує більші функції, чим тільки аналіз причин помилок Л-О. Якщо такий аналіз показує, що подія виникла не через помилку А/Д, а була викликана якимись іншими причинами, то аналіз дозволяє встановлювати і ці причини, тобто запропонований метод дає можливість виявляти найрізноманітніші чинники, що призвели до події, у тому числі і помилки людини і їхні побудники.

#### 4. Практичний аналіз помилок авіадиспетчерів під час тренувань у тренажерному центрі

Для аналізу помилок А/Д при виконанні тренувань у ТЦ УВС відповідно до прийнятого підходу потрібно насамперед побудувати фреймовий опис його діяльності при рішенні задач керування. Такий опис поданий на рис. 5.

Даний фрейм складається з таких підструктур:

J – той, кого навчають (А/Д);

А – інструктор ТЦ УПР;

Е – оператор ТЦ УПР, який імітує роботу екіпажу ПС (ЕПС);

F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, ..., F<sub>n</sub> – ПС;

Р – А/Д суміжних ДП і допоміжні служби (метео, військовий сектор і т.д.);

С – ТрЗ;

Д – нормативні акти, що регламентують діяльність операторів (ЕПС), а також взаємодії “оператор – той, якого навчають,” (“ЕПС – А/Д”) і “інструктор – той, якого навчають, (А/Д)”;

N – умови “польоту” ПС у залежності від виду задачі, що відпрацьовується, на ТрЗ (погодні умови, обмеження польотів, інтенсивність повітряного руху і т.д.);

S – далеке соціальне оточення в особі вищестоящого керівництва, що оцінює діяльність А/Д;

U – ближнє соціальне оточення, що оцінює діяльність А/Д усередині зміни, у їхніх родинах і т.д.

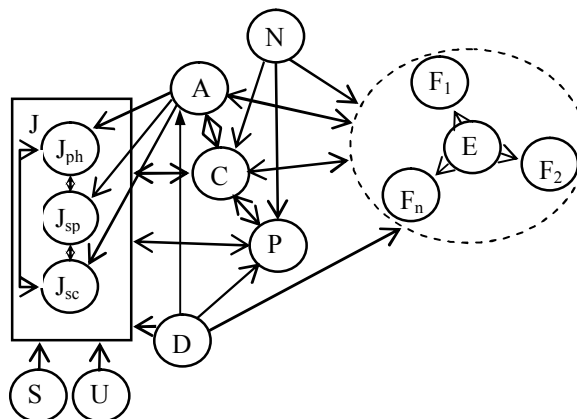


Рис. 5. Фрейм для аналізу помилок авіадиспетчера в процесі тренувань

По зв'язках, зазначених у даному фреймі, можна зробити висновок про взаємодії між його підструктурами. Так, А/Д у процесі тренування здійснює свої рішення за допомогою ТрЗ (J, C) через оператора (ЕПС) (J, E), а також через А/Д суміжних ДП і допоміжні служби (J, P). На самого А/Д впливає інструктор ТЦ (А, J), чому відповідають нормативні акти (D, J), А/Д суміжних ДП і допоміжні служби (P, J), а також далеке соціальне (вищестояще) оточення (S, J) і ближнє соціальне оточення (U, J).

Метою тренувальної діяльності А/Д є підтримка необхідного взаємного розташування керованих ПС: (EF<sub>1</sub>, EF<sub>2</sub>), (EF<sub>1</sub>, EF<sub>3</sub>), (EF<sub>2</sub>, EF<sub>3</sub>), ... (EF<sub>i</sub>, EF<sub>n</sub>), де і – порядковий номер “ЕПС”; n – кількість ПС на керуванні в А/Д під час тренування).

Регламентация їхнього режиму польоту визначається так: (EF<sub>1</sub>, EF<sub>1</sub>), (EF<sub>2</sub>, EF<sub>2</sub>), ... (EF<sub>n</sub>, EF<sub>n</sub>).

Функціонування оператора (ЕПС) з “його” ПС детерміновано нормативними актами (D, EF<sub>1</sub>), (D, EF<sub>2</sub>), ... (D, EF<sub>n</sub>). Також воно піддано впливам умов виконання польотів (N, F<sub>1</sub>), (N, F<sub>2</sub>), ..., (N, F<sub>n</sub>). Сама ж взаємодія визначається як вплив оператора на ЕОМ (уведення параметрів польоту “ПС” по командах А/Д) (E, F<sub>1</sub>), (E, F<sub>2</sub>), ..., (E, F<sub>n</sub>).

Діяльність А/Д при проходженні тренувань у ТЦ УПР, природно, відрізняється від його діяльності при безпосередньому УПР.

По-перше, у ролі ЕПС, що знаходяться на керуванні в А/Д, виступає оператор ТЦ УВС. На тренажерному комплексі “Тренер” у процесі виконання тренування передбачений один оператор на конкре-

тний ДП у якості всіх ЕПС, тому на фреймі (рис. 5) оператор і п ПС об'єднані в одну підструктуру.

По-друге, досить інтенсивним є взаємодія (А, J) інструктора і А/Д. Воно є визначальним і цільним у процесі виконання тренування А/Д, оскільки інструктор безпосередньо впливає на тренувальний процес.

У якості ж далекого соціального вищестоящого оточення (S) виступає керівництво служби руху, яке направило А/Д в ТЦ УПР для проходження тренувань.

Ближнє соціальне оточення (U) складають колеги по зміні на тренажері.

У розглянутому фреймі можна виділити три групи впливів.

1. Вплив А/Д за допомогою ТрЗ на повітряну обстановку й інших А/Д:

$$W_1 = \{(J \cap C, E), (J \cap C, P)\}. \quad (7)$$

2. Впливи, обумовлені взаємодією підструктур керуваної системи, що характеризують її стан:

$$W_2 = \{(E, F_1), (E, F_2), \dots, (E, F_n), (D, E), (D, P), (D, J), (N, E), (N, P), (P, P), (P, J), (A, E), (E, J), (A, J), (E, A)\}. \quad (8)$$

3. Впливи, що визначають оцінку дій А/Д далеким і ближнім соціальним оточенням:

$$W_3 = \{(S, J), (U, J)\}. \quad (9)$$

Розглянемо конкретний випадок помилки А/Д. Нехай у зоні його відповідальності вдень при гарній видимості на ешелоні 2100 м відбулося небезпечне зближення (до відстані 100-120 м) літака Ту-154, що здійснював тривалий рейс, з літаком Ан-24 місцевої авіалінії. Через виникнення великого грозового вогнища в даному районі літак Ту-154 був переведений А/Д на ешелон 2100 м і спрямований в обхід цього вогнища, що привело до його відхилення від заданого маршруту польоту на 60 км.

В той же час літак Ан-24 виконував звичайний плановий політ, передбачений на висоті 1800 м. Однак на прохання його екіпажа А/Д сусідньої зони дозволив йому зайняти ешелон 2100 м. При передачі літака Ан-24 у зону даного А/Д йому було повідомлено, що цей літак летить на ешелоні 2100 м. Останній підтвердив прийом цього повідомлення, що впливає з запису переговорів. Потрібно відзначити, що при передачі літака Ан-24 у зону А/Д, аж до моменту небезпечного зближення цього літака з літаком Ту-154, у його зоні була вкрай складна повітряна обстановка, викликана грозовим вогнищем і необхідністю через це змінювати ешелони і маршрути більшості ПС, що ввійшли в дану зону.

Розглянемо фрейм результату діяльності А/Д. Аналіз дозволяє укласти, що були сильно ( $R_3$ ) порушені норми УПР, що виразилося у впливах

$$P_-(D, J), P_-(D, E_1F_1), P_-(D, E_2F_2), P_-(P, J)$$

і привело також до сильного ( $R_3$ ) порушення взаємного розташування ПС:  $P_-(E_1F_1, E_2F_2)$ . При цьому

виявилось гранично сильне  $R_4$  порушення впливу  $P_-(P, J)$  при прийомі А/Д інформації від диспетчера сусідньої зони. На все, що відбулось, була сильна ( $R_3$ ) негативна реакція вищестоящого соціального оточення  $P_-(S, J)$ . У загальному ж обстановка в досліджуваній повітряній зоні була складною, сполученою із середнім  $R_2$  рівнем небезпеки для ПС, що знаходилися в ній.

При розгляді фрейму задачі, що виникла в А/Д в обговорюваній ситуації, найбільш цікаві взаємодії між підструктурами  $E_1F_1$  і  $E_2F_2$ . Як витікає з інформації, що була зібрана про подію, А/Д не усвідомив отримане повідомлення про інший ешелон Ан-24 і тому не підозрював про можливості зближення літаків Ту-154 і Ан-24, вважаючи, що вони йдуть на різних ешелонах, і не бачив для себе задачі по попередженню їхнього небезпечного зближення (інакше кажучи, думав, що ні для того, ні для іншого ПС завжди спостерігається  $L_4$  і небезпеки немає  $R_0$ ). Фактично ж така небезпека була сильної  $R_3$  і реалізувалася з середньою частотою  $L_2$ :

$$f[(L_4, R_0)_s] \ll f[(L_2, R_3)_0]. \quad (10)$$

Отже, на даному етапі аналізу робиться висновок, що А/Д не ставив перед собою задачі по розведенню розглянутої пари ПС. Тому виявлення інших аспектів його діяльності, що призвели до помилки, не має сенсу і відповідно до прийнятого методу аналізу не проводиться. Збираються лише деякі додаткові дані для пояснення того, чому А/Д не бачив задачі.

Аналіз дозволив довести, що даний А/Д у загальному був сильно мотивований до збереження в такій ситуації нормальної повітряної обстановки у своїй повітряній зоні. Однак обстановка була дуже складною, що робило його роботу вкрай напруженою. У такій ситуації через гострий дефіцит часу А/Д хоча і прийняв повідомлення про те, що літак Ан-24 йде на ешелоні 2100 м і підтвердив прийом цих даних, але не актуалізував на них увагу і порадив, що дане ПС летить, як звичайно, на ешелоні 1800 м. Хоча він і міг по радіолокаційних засобах помітити небезпечне зближення літаків, проте цього все ж таки не зробив.

Виходячи з викладеного, слід вважати, що в небезпечному зближенні зазначених ПС винний саме А/Д. Помилка відбулася через порушення в нього процесу сприйняття повідомлення про умови польоту літака Ан-24, переданого А/Д сусідньої зони. Її виникненню сприяла складна ситуація, що виникла в його зоні, яка викликала в нього стан високої психічної напруженості (що загальмувало процес сприйняття нової інформації).

Одним з факторів, що спровокували дану помилку А/Д, з'явився політ літака Ан-24 на незвичайному ешелоні. Звідси витікає, що переведення ПС зі звичайних сталих ешелонів і маршрутів має здійснюватися

лише у разі крайньої необхідності, а факт цей - спеціально акцентуватися при передачі ПС в інші зони.

Як показало розслідування, переведення літака Ан-24 з його звичайного ешелону на ешелон 2100 м не викликався особливою необхідністю.

### Висновки

1. Використовуючи фрейми, розроблений і доведений до практичної реалізації в практиці професійної підготовки А/Д в ТЦ модуль інтелектуальної системи підтримки рішень в процесі аналізу їх помилкових дій, що дійсно дозволило:

- виділити мінімум найбільш важливі складових діяльності А/Д;
  - визначити взаємозв'язки між складовими його діяльності;
  - скласти стандартизований опис стереотипної послідовності дій А/Д при виникненні особливо-го випадку в польоті;
  - скласти структурний опис об'єкту, керованого А/Д, а також зовнішньої стосовно нього мікро-і макросоціального середовища;
  - визначити ступінь позитивних і негативних впливів, що існують між підструктурами фрейму;
  - визначити фактично існуючі впливи (об'єктивні значення) і те, як вони уявляються А/Д (його суб'єктивне відображення);
  - виділити зовнішні щодо А/Д підструктури;
  - визначити встановлені норми впливів між підструктурами фрейму;
  - визначити відхилення впливів від установлених норм;
  - аналізувати і порівнювати різні по своїй природі відхилення від установлених норм (наприклад, відхилення параметрів підструктур фрейму і відхилення у впливах між підструктурами фрейму);
  - при виникненні тієї або іншої задачі зіставити варіанти й ПР А/Д;
  - визначити «віяло» реалізації результатів усунення або зменшення порушення в діяльності А/Д;
  - оцінити за допомогою нечіткої шкали інтенсивність впливів, що виникають між підструктурами фрейму, а також можливості появи порушень даної інтенсивності при реалізації кожного варіанта рішення А/Д.
2. Запропонована система аналізу направляє всі аналізи помилок у єдину загальну схему і виключає можливості пропуску при цьому чогось істотного.
3. Даним методом поряд з відносно простими випадками помилок можливі аналіз і досить складних помилок, причини яких виявляються далеко не очевидними.
4. Запропонований метод дає можливість виявляти найрізноманітніші фактори, що приводять до події, у тому числі і помилки А/Д, і їхні побудовники.

5. Метод фреймів забезпечує формальні описи різних вчинків А/Д, що сприяє подальшому аналізу виникаючих помилок.

6. Подальші дослідження професійної діяльності А/Д слід проводити у таких напрямках:

- встановлення значущості типових помилок з точки зору їх негативного впливу на БП;
- побудови дерев помилок;
- виявлення схильності / несхильності А/Д по помилковій діяльності.

### Література

1. *Руководство по предотвращению авиационных происшествий (Дос. 9422-AN/923) [Текст]. - Канада: Монреаль, ICAO, 1984. - 138 с.*
2. *Фундаментальные концепции человеческого фактора [Текст] // Человеческий фактор: сб. м-лов №1.- Циркуляр ИКАО 216 AN / 131. - Канада: Монреаль, 1989. - 34 с.*
3. *Рева, А.Н. Последний рубеж обороны (Человеческий фактор: фундаментальные концепции ИКАО) [Текст] / А.Н. Рева, М.Ф. Давиденко // Авиакомпания. - 1995 (пробный номер).- С. 23 - 28.*
4. *Изучение роли человеческого фактора при авиационных происшествиях и инцидентах [Текст] // Человеческий фактор: сб. м-лов № 7.- Циркуляр ИКАО 240-AN/144.- Канада: Монреаль, 1993. - 76 с.*
5. *Лейченко, С.Д. Человеческий фактор в авиации [Текст]: моногр. в 2-х кн. / С.Д. Лейченко, А.В. Мальшевский, М.Ф. Михайлик. - СПб.-Кировоград, 2006. Кн. 1, 2006. - 480 с.; Кн. 2, 2006. - 512 с.*
6. *Рева, А.Н. Человеческий фактор и безопасность полетов: (Проактивное исследование влияния) [Текст]: моногр. / А.Н. Рева, К.М. Тумишев, А.А. Бекмухамбетов; науч. ред. А.Н. Рева, К.М. Тумишев. - Алматы, 2007. - 242 с.*
7. *Райчев, С.Г. Влияние ошибок авиадиспетчера на уровень безопасности воздушного движения Болгарии: автореф. дис... канд.тех.наук: 05.22.13. / Райчев Стефан Георгио. - К.: НАУ, 2008.- 18 с.*
8. *Роль скрытых ошибок человека в авариях комплексных систем [Текст] // Проблемы безопасности полетов: ежемесеч. бюл. - М.: ВИНТИ, 1993. - № 4. - С. 69.*
9. *Носов, Н.А. Ошибки пилота: психологические причины [Текст] / Н.А. Носов. - М.: Транспорт, 1990. - 64 с.*
10. *Котик, М.А. Природа ошибок человека-оператора (на примерах управления транспортными средствами) [Текст] / М.А. Котик., А.М. Емельянов. - М.: Тран-спорт, 1993. - 252 с.*
11. *Психология: словарь [Текст] / Общ. ред. А.В. Петровского, М.Г. Рошевского. - П.: Политиздат, 1990. - 494 с.*
12. *Организационная психология [Текст] / под ред. Г.В. Суходольского. - Х.: Гуманитарный центр, 2004. - 256 с.*
13. *Герасимов, Б.М. Організаційна ергономіка: Методи та алгоритми досліджень і проекту-*



вання [Текст]: моногр. / Б.М. Герасимов, В.В. Камишин. – К.: Інфосистем, 2009. – 212 с.

14. Человеческий фактор в управлении и организации [Текст] // Человеческий фактор: сб. м-лов № 10. – Циркуляр ИКАО 247 – AN / 148. – Канада: Монреаль, 1993. – 47 с.

15. Котик, М.А. Природа ошибок человека-оператора (на примерах управления транспортными средствами) [Текст] / М.А. Котик, А.М. Емельянов. – М.: Транспорт, 1993. – 252 с.

16. Рева, О.М. Людський фактор: помилки авіадиспетчера та безпека польотів [Текст] / О.М. Рева, В.П. Колотуша, Г.М. Селезньов // Проблеми авіонавігації: темат. зб. наук. пр. – Кіровоград: ДЛАУ, 1997. – Вып. 2. – С. 60 – 66.

17. Козлов, В.В. Системный анализ ошибочно-

го действия пилота при расследовании авиационного события [Текст]: метод. пособие / В.В. Козлов. – М.: ОАО "Аэрофлот - ПА", 2007. – 68 с.

18. Бірюков, Ю.Ю. Фреймовий підхід до аналізу помилок авіадиспетчерів [Текст] / Ю.Ю. Бірюков, П.Ш. Мухтаров, Ш.Ш. Насиров, І.А. Гасанов // Авіаціонно-косміческа техніка і технологія. – 2009. – № 7. – С. 182 – 187.

19. Котик, М.А. Ошибки управления [Текст] / М.А. Котик., А.М. Емельянов. – Таллинн: Валгус, 1985.- 390 с.

20. Емельянов, А.М. Системы поддержки анализа решений [Текст] / А.М. Емельянов // Вычислительная техника. Системы. Управление. – М.: МЦНТИ, 1991. – Вып. 5. – С. 3 – 12.

Надійшла до редакції 25.11.2011

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри проектування авіаційних двигунів С.В. Спіфанов, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "ХАІ", Харків.

#### ФРЕЙМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ОШИБОК АВИАДИСПЕТЧЕРОВ

*А.Н. Рева, А.Н. Невиницин, Ш.Ш. Насиров, В.А. Шульгин, Ю.Ю. Бирюков*

Учитывая систематическое и постоянное влияние человеческого фактора на безопасность полетов, а также недостатки современных методов и технологий расследования авиационных происшествий, возникших вследствие ошибочных действий авиадиспетчеров во время непосредственного управления воздушным движением, разработана методология проведения соответствующего анализа с помощью фреймов, как обязательной составляющей интеллектуальной системы поддержки решений. Соответствующий модуль в виде программного продукта доведен до практической реализации в тренажерном центре обслуживания воздушного движения, что позволило проводить полный и всесторонний анализ ошибочных действий авиадиспетчеров и оказывает содействие проактивному их предупреждению в профессиональной деятельности.

**Ключевые слова:** система управления безопасностью полетов, человеческий фактор, ошибки авиадиспетчеров, интеллектуальная система поддержки решений, фреймы

#### FRAMES OF THE INTELLECTUAL SYSTEM OF THE ATC CONTROLLER'S ERRORS ANALYSES

*O.M. Reva, A.N. Nevinitin, Sh. Sh. Nasirov, V.A. Shulgin, Yu.Yu. Biryukov*

Taking into account permanent and systematic influence of the human factor on flight safety as well as the drawbacks of aviation accidents investigation methods and technologies in case the accident takes place due to a controller's erroneous actions at the moment of direct air traffic control, a methodology has been worked out to conduct an appropriate analyses by means of frames as the compulsory component of decision making supportive intellectual system. A suitable module in a form of a programming product has been introduced into a practical realization at an ATC simulator, enabling to conduct a complete and all – round analyses of an ATC controller's mistaken actions and rendering assistance in their proactive prevention in the professional activities.

**Keywords:** safety management system, human factors, traffic controller's mistakes, decisions support intellectual system, frames.

**Рева Олексій Миколайович** – д-р техн. наук, проф., проф. кафедри автоматизації виробничих процесів Кіровоградського національного технічного університету, Кіровоград, Україна, e-mail: ran54@meta.ua.

**Невиницин Андрій Миколайович** – канд. техн. наук, доцент, декан факультету обслуговування повітряного руху Державної льотної академії, Кіровоград, Україна.

**Насіров Шахін Шахвелі-огли** – начальник диспетчерської зміни Головного центру єдиної системи управління повітряним рухом Азербайджанської Республіки, e-mail: shahin.s@mail.ru.

**Шульгін Валерій Анатолійович** – канд. техн. наук, декан факультету льотної експлуатації Державної льотної академії України, Кіровоград, Україна, e-mail: VAShulgin@ukr.net.

**Бірюков Юрій Юрійович** – авіадиспетчер Львівського регіонального структурного підрозділу державного підприємства "Укранероух", аспірант заочної форми навчання Кіровоградського національного технічного університету, Львів, Україна, e-mail: biryukov@lviv.farlep.net.