

УДК 658.52.011.56:656.7.022

В.О. ГРИГОРЕЦЬКИЙ¹, Т.Ф. ШМЕЛЬОВА², В.В. ПАВЛОВА²¹*Харківський регіональний структурний підрозділ Украероруху, Україна*²*Державна льотна академія України, Україна***РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОГО АДАПТИВНОГО МОДУЛЮ ВИЗНАЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ПОМИЛОК АВІАДИСПЕТЧЕРА ПРИ СТАЖУВАННІ В СЛУЖБІ РУХУ**

В статті розглянуто дослідження взаємозв'язку між типовими помилками з управління повітряним рухом та елементами знань, навичок та вмінь, що пов'язані з процесом стажування авіадиспетчерів в службі руху. Подано алгоритм роботи автоматизованого адаптивного модулю визначення навчального навантаження під час стажування.

управління повітряним рухом, модель оператора, автоматизований модуль, помилки, знання, навички та вміння; теорія катастроф

Вступ

Проблема людського фактору при управлінні повітряним рухом (УПР) на сьогодні є особливо актуальною. Оператор в системі УПР, яка відноситься до людино-машинних систем особливої складності, виступає як особлива ланка, що пояснюється перш за все жорсткими вимогами до часу прийняття рішень та надійності операторів через високу швидкість процесів, які відбуваються в системі, та підвищеним рівнем небезпеки життю та здоров'ю людей. Незважаючи на загальні процеси автоматизації, що дедалі поширюються в системі УПР, людина-оператор (авіадиспетчер) залишається її основною ланкою [1 – 3].

Відомо, що розвиток людини не встигає за невинним розвитком техніки. Недостатнє врахування аспектів людського фактора є причиною більшості авіаційних пригод. Надійність людини-оператора в системі УПР значною мірою визначається рівнем її підготовленості. Визначено, що не існує абсолютно безпомилково та надійно діючого оператора за усіх режимів функціонування системи [1, 4 – 6].

Висловлення "людські відмовлення" або людський фактор є не чим іншим, як перетворенням того факту, що людина зі своїми уродженими і придбаними здібностями і слабкостями недостатньо

приймається в розрахунок при проектуванні технічних систем [4]. З'ясуємо, що розуміється під помилкою обслуговування.

На практиці зустрічаються системи трьох типів [7]:

- 1) системи з помилками оператора та наслідками відмов техніки, що не компенсуються;
- 2) системи з частковою компенсацією помилок оператора та наслідків відмов техніки;
- 3) системи з повною компенсацією помилок оператора та наслідків відмов технічних засобів.

Для безвідмовної роботи систем першого типу необхідно, щоб не відмовили технічні засоби та не робив помилок оператор. Це системи, в яких у оператора нема права на помилку, а відмова технічних засобів є неприпустимою. В процесі УПР такі ситуації часто мають місце. Проте в певних випадках авіадиспетчер має можливість компенсувати допущену помилку з УПР чи наслідки відмови тих чи інших технічних засобів. Тому можна стверджувати, що автоматизовані системи УПР відносяться до систем другого типу. Можливості компенсації помилок та відмов техніки є важливим додатковим джерелом підвищення надійності систем. Проте все ж таки в першу чергу необхідно звертатись до методів попереднього прогнозування та профілактики й нейтралізації помилок. Особливо актуальними виявлення

та аналіз помилок стають при вирішенні питань допуску авіадиспетчерів до самостійної роботи. З цією метою нами проводиться дослідження різних факторів, що впливають на помилки, є причиною та наслідками помилок авіадиспетчера при УПР. В статті вирішується питання управління нейтралізацією помилок. Розглянуті шляхи дають можливість використовувати їх для більш оптимального планування процесу стажування для отримання допуску та зробити цей процес більш пристосованим до індивідуальних особливостей тих, що стажуються.

1. Аналіз процесу допуску авіадиспетчерів до роботи з управлінням повітряним рухом

Проведемо аналіз процесу допуску авіадиспетчерів до самостійної роботи.

Первинна підготовка фахівців з УПР – авіадиспетчерів – здійснюється в авіаційних навчальних закладах, центрах перепідготовки і підвищення кваліфікації авіаційного персоналу та інших організаціях. Випускники навчальних закладів, що одержали відповідний документ про закінчення, можуть допускатися до стажування з метою одержання кваліфікаційної оцінки і допуску до самостійної роботи. В певні терміни діючий авіадиспетчер мусить проходити курси перепідготовки в навчальних закладах для подовження допуску.

Стажування складається з теоретичної і практичної підготовки. Теоретична підготовка закінчується перевіркою інструктором знань стажуємих, на основі якої приймається рішення про початок практичної підготовки.

Для адекватної оцінки знань, навичок та вмінь (ЗНВ) тих, що навчаються, із врахуванням різного впливу приватних показників елементів ЗНВ були розроблені комплексні зважені оцінки.

По закінченні стажування на основі виставлених оцінок та групи інших чинників, що регламентуються "Положенням про професійну підготовку спеціалістів з обслуговування повітряного руху", прийма-

ється рішення про допуск фахівця до самостійної роботи з УПР. Наочно цей процес можна представити у вигляді схеми (рис. 1).

Очевидно, що для ефективного управління процесом допуску, необхідно створити та використовувати моделі процесів та операторів, що залучені до процесу допуску.

Модель того, хто навчається (модель оператора), реалізується як структура даних, що відбиває в кожен момент часу істотні для системи певні характеристики того, хто навчається [8, 9].

Модель оператора може містити три основні моделі:

- особистісних характеристик ($U_1, U_2, \dots, U_m$);
- знань, навичок і вмінь (комплексні оцінки K_Σ);
- поточних дій чи помилок.

Перша відбиває досить стійкі особистісні характеристики того, хто навчається, друга – картину ЗНВ того, хто навчається, що відпрацьовується ним у даний момент часу сценарію навчання, третя – його поточні дії чи помилки. Перші дві моделі формуються на основі попередніх тестів і вправ.

Після створення модель оператора повинна підтримуватися в актуальному стані. Для цього в процесі підготовки необхідно визначати поточний стан ЗНВ оператора на основі його дій. Для рішень про рівень поточного стану ЗНВ конкретного оператора необхідно використовувати власну базу даних про тих, що навчаються, призначення якої – накопичувати і підтримувати такі відомості, як типові помилки, спектр особистісних характеристик і т.д.

Модель оператора може бути або оверлейною, або моделлю помилок [8, 9].

Оверлейна модель дозволяє відобразити, що саме знає і вміє і чого не знає і не вміє той, хто навчається. Ця модель припускає, що всі дії розбиті на деякі незалежні порції, елементи. Тут знання того, хто навчається, у кожен момент часу представляються як підмножина знань експерта. Тому таку модель і називають оверлейною чи покриваючою моделлю.

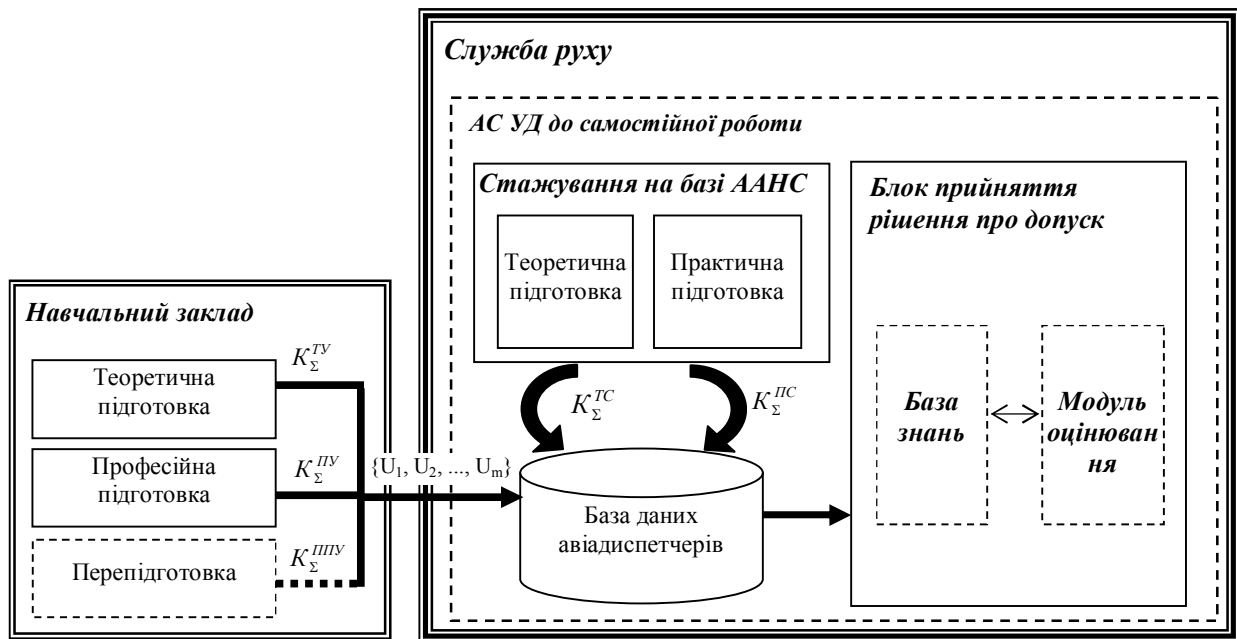


Рис. 1. Схема автоматизованого процесу прийняття рішення про допуск авіадиспетчера до самостійної роботи з УПР, де АС УД – автоматизована система управління допуском диспетчерів до самостійної роботи з УПР; ААНС – автоматизована адаптивна навчаюча система; $\{U_1, U_2, \dots, U_m\}$ – комплекс особистісних параметрів авіадиспетчера; K_{Σ}^{TY} – комплексна оцінка авіадиспетчера за елементи теоретичної підготовки в авіаційному навчальному закладі; K_{Σ}^{PY} – комплексна оцінка авіадиспетчера за загальноосвітні і професійно-орієнтовані елементи підготовки в авіаційному навчальному закладі; K_{Σ}^{PPY} – комплексна оцінка авіадиспетчера, яку він отримав в результаті проходження планової чи позапланової перепідготовки; K_{Σ}^{TC} – комплексна оцінка авіадиспетчера за елементи теоретичної підготовки в службі руху; K_{Σ}^{PC} – комплексна оцінка авіадиспетчера за елементи знань і практичних навичок, необхідних на конкретному робочому місці в службі руху

Для роботи з помилками й оманами тих, що навчаються, які не можна представити в рамках оверлейної моделі, застосовуються так звані моделі помилок (bug models), що дозволяють визначити і відбити причини невірного поведіння тих, що навчаються. Найбільш дослідженим видом моделей помилок є пертурбаційні моделі (perturbation models). Вони припускають, що для кожного елемента експертних дій існує один чи кілька помилкових елементів – його пертурбацій. Невірне поведіння того, хто навчається, може бути викликане з погляду такого підходу систематичним застосуванням замість правильного елемента дій однієї з його пертурбацій.

Під час стажування знання та дії того, хто навчається, порівнюються з певними діями та знаннями "експерта-оператора" у тій же ситуації, що забезпе-

чує ефективну діагностику знань, навичок та вмінь.

Поточний стан знань, навичок та вмінь і особистісних характеристик того, хто навчається, може використовуватися для індивідуалізації процесу підготовки. В процесі навчання повинно здійснюватись моделювання роботи двох систем: навчальної й еталонної. При цьому стан навчальної моделі залежить від дій оператора, який навчається, а стан еталонної системи моделюється з урахуванням стану функціональної еталонної моделі об'єкта управління, тобто оптимальних "дій" моделі оператора-експерта.

Блок оцінки дозволяє оцінити дії тих, що навчаються, на основі порівняння їх результатів за встановленими критеріями (своєчасність, точність і т.п.) чи самих дій (правильність і порядок операцій) з "діями" моделі оператора-експерта.

Блок оцінки при цьому порівнює показники

ефективності моделей системи (навчальної й еталонної), а також дозволяє оцінити здатність авіадиспетчера бути допущеним до самостійної роботи на певному робочому місці на основі сформованих правил бази знань експертної системи.

Бачимо, що центральне місце в процесі допуску посідає стажування, що включає теоретичну та практичну підготовку. Для управління процесом підготовки під час стажування необхідно розробити автоматизовану адаптивну навчаючу систему (ААНС), яка при плануванні навчального навантаження стажування, генерації вправ, тестів і т.п. враховувала б характеристики моделі оператора. Для цього необхідно виділити всі параметри, що увійдуть до складу моделі оператора.

2. Експериментальне визначення залежностей між елементами знань, навичок і вмінь та типовими помилками при управлінні повітряним рухом

В результаті проведених теоретичних досліджень та аналізу відповідної літератури [1 – 3] було виділено повну сукупність можливих помилок авіадиспетчера, яка після цього була зведена до 13 укрупнених груп. Елементи ЗНВ, що характеризують теоретичну та практичну підготовку в навчальному закладі та при стажуванні в службі руху, також було отримано на основі аналізу кваліфікаційної характеристики спеціаліста з УПР, плану навчального процесу на факультеті обслуговування повітряного руху Державної льотної академії України, посадових інструкцій диспетчерських пунктів служби руху, а також щоденника стажування та допуску до роботи диспетчера служби руху. Для зручності їх теж було зведено до 13 укрупнених груп.

Типові помилки:

O_1 – порушення правил радіозв'язку і фразеології радіообміну;

O_2 – неузгодженість входу повітряного судна (ПС) у зону суміжного пункту УПР;

O_3 – помилка в ідентифікації ПС;

O_4 – неекономічне УПР;

O_5 – порушення інтервалів ешелонування ПС;

O_6 – порушення авіадиспетчером рубежу передачі УПР;

O_7 – порушення при виконанні пультових операцій (функцій вводу);

O_8 – порушення при веденні процедурного контролю;

O_9 – порушення при веденні радіолокаційного контролю;

O_{10} – порушення дій авіадиспетчерів по УПР в особливих випадках у польоті;

O_{11} – порушення оперативності і правильності подачі команд, вказівок і інформації;

O_{12} – порушення при прийомі чергування і підготовці робочого місця;

O_{13} – недотримання вимог по своєчасності прийому і випуску ПС.

Групи ЗНВ:

E_1 – уміти користатися стандартами, методичними, нормативними й іншими керуючими документами і матеріалами з обслуговування повітряного руху;

E_2 – знати фундаментальні і загальноінженерні дисципліни в обсязі, що забезпечує володіння питаннями організації і технології обслуговування повітряного руху;

E_3 – знати структуру повітряного простору;

E_4 – знати організацію і технологію обслуговування руху, можливості використання оснащення, технічних засобів, автоматизованих систем, обчислювальної техніки в області обслуговування повітряного руху;

E_5 – знати принципи аеронавігації, обмеження і точність навігаційних систем і візуальних засобів, використання аеронавігаційної інформації;

E_6 – знати правила, процедури і джерела використовуваної інформації;

E_7 – знати загальні принципи польоту, принципи експлуатації і функціонування ПС, силових устано-

вок і систем, характеристики ПС, що мають відношення до процесу УПР;

E_8 – знати гуманітарні і соціально-економічні дисципліни в обсязі, що необхідний для рішення соціальних і соціально-економічних задач;

E_9 – знати процедури з надання в відповідних випадках радіолокаційного диспетчерського обслуговування підходу чи точного заходу на посадку, радіолокаційного обслуговування району, включаючи процедури контролю за витримуванням безпечних висот польоту;

E_{10} – вміти використовувати сучасні інформаційні технології, автоматизовані системи управління повітряним рухом, сучасну обчислювальну техніку;

E_{11} – знати характеристики повітряного руху і потоків повітряного руху;

E_{12} – знати експлуатаційні процедури з ОПР, правила ведення радіозв'язку і фразеологію радіообміну (штатна, позаштатна й аварійна), що відповідають авіаційній документації, практичні методи забезпечення безпеки польотів;

E_{13} – знати принципи дії, можливості й обмеження устаткування і технічних засобів, що використовуються для УПР.

З метою визначення залежностей між типовими помилками та елементами ЗНВ було вирішено провести експеримент шляхом експертного опитування. Для цього була розроблена анкета, що складалась з двох панелей: в першій (лівій) були перераховані 13 груп помилок, а навпроти (в правій) – перераховані 13 груп елементів теоретичної та практичної підготовки. Експертам було необхідно провести лінії між групами помилок та ЗНВ, які б визначали взаємозв'язок між ними з точки зору нейтралізації i -ої помилки j -м елементом ЗНВ.

Експеримент був проведений на базі Харківського регіонального структурного підрозділу Укреро-руху. В якості експертів виступили диспетчери з безпосереднього УПР 1 – 3 класів зі стажем роботи не менш 5 років. Усього було опитано 50 респондентів.

На основі обробки анкетних даних було створено матрицю взаємозв'язків між типовими помилками авіадиспетчерів та елементами ЗНВ, якими ці помилки можна нейтралізувати (табл. 1). Для цього підраховувалась кількість зв'язків між помилками та ЗНВ, що визначив експерт.

Таблиця 1

Матриця залежностей між помилками та ЗНВ авіадиспетчера

Помилки/ ЗНВ	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9	E_{10}	E_{11}	E_{12}	E_{13}
O_1	0,32	0	0	0,08	0	0,06	0	0	0	0	0	0,9	0,04
O_2	0,1	0,02	0,56	0,44	0,04	0,06	0	0	0,04	0,1	0,04	0,06	0,02
O_3	0	0	0,04	0,16	0,14	0,1	0,04	0	0,08	0,44	0,1	0,04	0,22
O_4	0,08	0,04	0,2	0,12	0,12	0	0,4	0,08	0	0,04	0,3	0	0
O_5	0,32	0,04	0,12	0,24	0,08	0,08	0,2	0	0,16	0,04	0,06	0,12	0
O_6	0,02	0	0,56	0,26	0	0,1	0	0	0,06	0	0,06	0,08	0,04
O_7	0,02	0,06	0	0,1	0	0,12	0	0	0	0,56	0	0,06	0,18
O_8	0,04	0,06	0,02	0,12	0	0,14	0	0,02	0,18	0,34	0,04	0,12	0,1
O_9	0,02	0,02	0	0,12	0,02	0,1	0	0	0,56	0,04	0,02	0,1	0,28
O_{10}	0,08	0,08	0	0,1	0	0	0,24	0	0,06	0	0,04	0,58	0,08
O_{11}	0,14	0,04	0	0,1	0,04	0,16	0	0	0,12	0,14	0,1	0,44	0
O_{12}	0,28	0	0	0,16	0	0,12	0	0,04	0	0,02	0	0,42	0,06
O_{13}	0,1	0	0,02	0,1	0	0,06	0,1	0	0,16	0,04	0,36	0,16	0,1

В матриці були обчислені коефіцієнти сили зв'язку між типовими помилками та елементами ЗНВ, смисл яких полягає у визначенні статистичної ймовірності виникнення певного зв'язку [10].

3. Алгоритм роботи модулю з визначення навчального навантаження

Результати проведеного експерименту було використано для адаптивного визначення навчального навантаження при стажуванні у службі руху наступним чином.

При прийомі на роботу до початку стажування з метою отримання допуску до самостійної роботи пропонується надавати авіадиспетчеру вхідний тест, що включає теоретичні та практичні завдання.

Аналіз результатів тесту дозволяє виділити помилки, які він припустив під час виконання завдань. Наступним кроком має бути розподіл помилок авіадиспетчера за 13 групами, що були виділені й описані вище. За цими даними має бути сформований масив помилок авіадиспетчера $X(13)$, де кожний елемент є булевою змінною, що приймає значення 0 чи 1, в залежності від того, існують чи ні в моделі помилок авіадиспетчера помилки h -го типу. Це можна вважати вхідною моделлю помилок авіадиспетчера на початку стажування.

Особливістю формування масиву помилок є різний смисл відсутності помилок у випадку прийому на роботу чи у випадку подовження допуску після проходження перепідготовки. Відсутність помилок при прийомі на роботу не виключає обов'язкового опрацювання тих елементів знань, навичок та вмінь, що відносяться до особливостей зони УПР. Тому відповідні групи помилок навмисно вводяться у масив та трактуються як „незнання”, а не як „помилки”. При подовженні допуску після проходження курсу перепідготовки годинне навантаження рівномірно розподіляється між усіма елементами знань, навичок та вмінь.

Кожна з помилок в масиві X , як було визначено експертним шляхом, має певну силу зв'язку з i -м елементом ЗНВ. Тоді важливість опрацювання i -го елемента ЗНВ визначається шляхом накопичення коефіцієнтів сили зв'язку ЗНВ з ненульовими групами помилок.

Згідно цих коефіцієнтів необхідно проранжувати ЗНВ, що мають увійти до складу навчального навантаження при стажуванні в службі руху. Найбільший коефіцієнт означає найвищий ранг R_i i -го елемента ЗНВ.

Для того, щоб визначити вагові коефіцієнти значущості елементів теоретичної і практичної підготовки, від рангів R_i до вагових коефіцієнтів ω_i переходимо за допомогою методу ранжувань. Метод заснований на припущенні про лінійну залежність між рангом і відносною цінністю показника ефективності. Ваговий коефіцієнт визначався за формулами:

$$\omega_i = \frac{C_i}{\sum_{i=1}^n C_i}, \quad (1)$$

де $C_i = 1 - \frac{R_{ij} - 1}{n}$ – проміжна оцінка;

R_{ij} – ранг i -го елемента;

n – кількість елементів ЗНВ.

На основі визначених вагових коефіцієнтів пропонується оптимально розподіляти загальний час, що виділений на стажування $T_{\text{заг. стаж}}$, на вивчення та опрацювання i -го елемента ЗНВ.

Блок-схема алгоритму подана на рис. 2. Зазначений алгоритм пропонується використати для створення автоматизованого адаптивного модулю визначення навчального навантаження при стажуванні в службі руху, що увійде до складу ААНС (рис. 1).

Алгоритм було покладено на об'єктно-орієнтовану мову програмування Delphi. Було розроблено графічний інтерфейс роботи модулю з адаптивного визначення навчального навантаження, що увійде до складу АС УД до самостійної роботи (рис. 3).

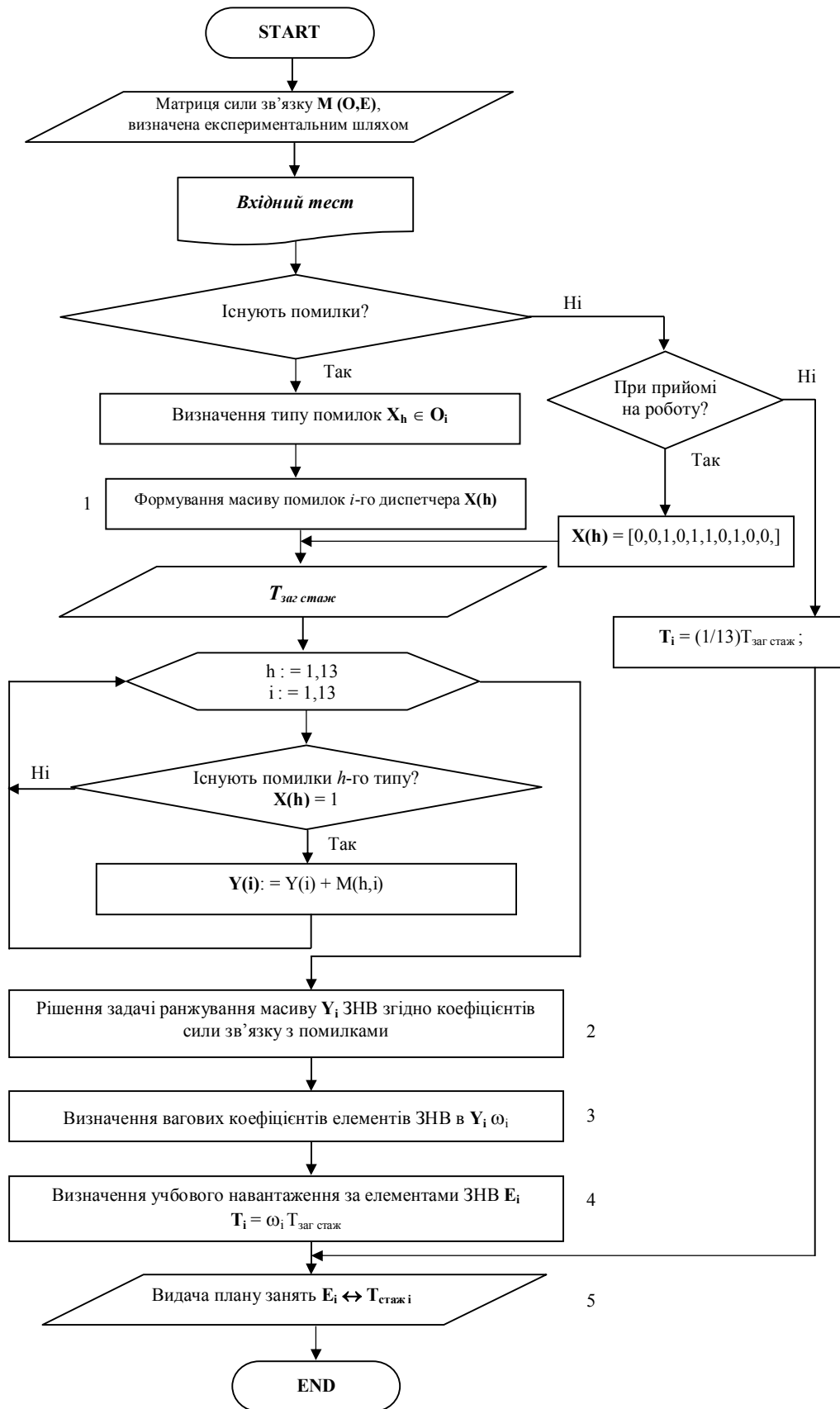


Рис. 2. Блок-схема алгоритму визначення навчального навантаження при стажуванні у службі руху, де задачі 1 – 5 вирішуються в циклі

Нагрузка стажера

Типовые ошибки

1. Нарушение правил радиосвязи и фразеологии радиообмена	4. Незаконное УВД	7. Нарушения при выполнении пультовых операций (функций ввода)	10. Нарушение действий авиадиспетчеров по УВД в особых случаях в полете
☐	☐	☐	☐
2. Несогласование входа ВС в зону смежного пункта УВД	5. Нарушение интервалов эшелонирования ВС	8. Нарушения при ведении процедурного контроля	11. Нарушение оперативности и правильности подачи команд, указаний и информации
☐	☐	☐	☐
3. Ошибка в идентификации ВС	6. Нарушение авиадиспетчером рубежа передачи УВД	9. Нарушения при ведении радиолокационного контроля	12. Нарушения при приеме дежурства и подготовке рабочего места
☒	☐	☒	☐
13. Несоблюдение требований по своевременности приема и выпуска ВС			
☐			

Ф.И.О. авиадиспетчера:

Общее время стажировки (часы):

Приём на работу: ☐

Продление допуска после переподготовки: ☒

Рис. 3. Интерфейс работы автоматизованого адаптивного модулю з визначення навчального навантаження

У верхній частині вікна, наведеного на рис. 3, перераховані тринадцять груп помилок. Поруч з тією групою помилок, які здійснив при проходженні контрольного тесту певний авіадиспетчер, необхідно зробити відмітку (поставити „галочку”). Далі необхідно ввести прізвище, ім'я та по-батькові диспетчера, який проходить стажування; загальну кількість годин, що призначена для стажування та відмітити, чи ведеться стажування при прийомі на роботу (вперше в даній службі руху), чи при продовженні терміну допуску.

Отримане розраховане годинне навантаження на кожний елемент ЗНВ копіюється в файл та може бути за необхідністю роздруковане.

Подібний підхід дозволить оптимізувати процес планування навчального процесу при стажуванні в службі руху та підвищити рівень підготовки авіадиспетчерів за рахунок адаптивної комплектації навчального навантаження.

Висновки

Отриманий модуль в загальній автоматизованій системі управління допуском авіадиспетчерів до самостійної роботи з УПР дозволяє автоматизовано визначати навчальне навантаження при стажуванні у службі руху, адаптуючи його до індивідуальних особливостей авіадиспетчерів та здійснюваних ними помилок.

Подальша робота в цьому напрямку в Державній льотній академії України націлена на визначення якісних змін в системі УПР при зміні характеристик оператора УПР (рівень ЗНВ, безпомилковість, надійність і т.п.). Дослідити вплив помилок на безпечність та якість процесу УПР можливо за допомогою теорії катастроф [11 – 13].

Для формального опису процесу стабілізації безпеки процесу УПР за допомогою методів теорії катастроф максимізуємо функцію якості УПР.

Значення елементарної теорії катастроф полягає в тому, що вона зводить велике різноманіття ситуацій до невеликого числа стандартних схем, які можна детально досліджувати.

Управляючими параметрами для процесу УПР обираємо чисельні значення елементів визначених груп помилок, які може здійснити авіадиспетчер. Визначені залежності між помилками та елементами ЗНВ дозволять оцінити вплив „незнання” або „невміння” безпосередньо на зриви у якості процесу УПР.

Наочно це можна відобразити за допомогою ланцюга залежностей (рис. 4).



Рис. 4. Ланцюг залежностей

Намічені дослідження дозволяють автоматизувати прогнозування та профілактику помилок та контроль зміни якості процесу УПР авіадиспетчера в процесі допуску його на робоче місце на певному диспетчерському пункті.

Література

1. Изучение человеческого фактора при авиационных происшествиях и инцидентах // Человеческий фактор: Сборник материалов №7. – Циркуляр ИКАО 240 – AN/144. – Монреаль, Канада. – 1993. – 76 с.
2. Рева О.М., Селезньов Г.Н., Колотуша В.П. Людський фактор: помилки авіадиспетчерів та безпека польотів // Проблеми аеронавігації. – Кіровоград. – 1997. – Вип. III, ч. II. – С. 60 – 65.
3. Человеческий фактор при управлении воздушным движением // Человеческий фактор: Сбор-

ник материалов №8. – Циркуляр ИКАО 241 – AN/145. – Монреаль, Канада. – 1993. – 51 с.

4. Архангельский В.И., Богаенко И.Н. и др. Человеческо-машинные системы автоматизации: управление качеством, безопасностью и надежностью. – К.: НВК «КІА», 2000. – 296 с.

5. Котик М.А. Курс инженерной психологии. – Таллинн: Валгус, 1978. – 364 с.

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

7. Денисов В.Г., Онищенко В.Ф., Скрипец А.В. Авиационная инженерная психология. – М.: Машиностроение, 1983. – 232 с.

8. Герасимов Б.М., Казанцев О.Ю. Учебно-тренировочный комплекс как автоматизированная обучающая система // Автоматизация виробничих процесів. – 2003. – № 2 (17). – С. 131 – 136.

9. Атанов Г.А., Пустынникова И.Н. Обучение и искусственный интеллект или основы современной дидактики высшей школы. – Донецк: ДООУ, 2002. – 504 с.

10. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высш. шк., 2000. – 479 с.

11. Томсон Дж. М. Т. Неустойчивости и катастрофы в науке и технике / Пер. с англ. В.Л. Бердичевского. – М: Мир, 1985. – 254 с.

12. Арнольд В.И. Теория катастроф. – М.: Наука, 1990. – 128 с.

13. Шмельова Т.Ф. Моделирование процессу навчання за допомогою теорії катастроф // Проблеми аеронавігації. – Кіровоград. – 1997. – Вип. III, ч. II. – С. 57 – 60.

Надійшла до редакції 13.08.2004

Рецензент: д-р пед. наук, проф. Р.М. Макаров, президент Міжнародної академії проблем людини в авіації і космонавтиці, Москва.