

УДК 656.7.022

В.О. ГРИГОРЕЦЬКИЙ, канд. техн. наук, проф., ХУПС, Харків,
В.М. НЕДІЛЬКО, канд. техн. наук, доц., зав.каф., КЛА НАУ,
Кіровоград,
А.С. ПАЛЬОНІЙ, преп. кафедри ОПР, КЛА НАУ, Кіровоград

МОДЕЛІ ОЦІНКИ ДІЯЛЬНОСТІ АВІАДИСПЕТЧЕРІВ В РЕАГУВАННІ НА ПРОБЛЕМНІ СИТУАЦІЇ НА ДИСПЕТЧЕРСЬКИХ ТРЕНАЖЕРАХ

Розглянуто принципи побудови моделей оцінки дій авіадиспетчерів, що базуються на причинно-наслідковій моделі ризику для повітряного транспорту. Подано класифікацію типових помилок та приклади застосування дерев помилок авіадиспетчерів за критеріями безпомилковості і своєчасності реагування на проблемні (конфліктні) ситуації. Іл.: 2. Бібліогр.: 11 назв.

Ключові слова: авіадиспетчер, моделі оцінки дій авіадиспетчерів, причинно-наслідкова модель ризику, повітряний транспорт, тренажер.

Постановка проблеми. Однією з найважливіших задач при проведенні підготовки на тренажерах управління повітряним рухом (УПР) є отримання об'єктивних результатів навчання авіадиспетчерів. Існуюча система оцінювання дій авіадиспетчерів базується на суб'єктивних висновках інструкторів, що залежать від рівня їх професіоналізму, досвіду, моральних якостей та психофізіологічних особливостей. Такий підхід не дозволяє отримувати достатньо об'єктивні показники діяльності авіадиспетчерів у кількісно-якісному їх поданні та враховувати їх індивідуальні особливості з метою забезпечення відповідності навчального впливу рівню підготовки та індивідуально-психологічним особливостям окремо взятого авіадиспетчера. Застосування автоматизованих засобів реєстрації, аналізу та оцінки дій авіадиспетчерів на тренажерах УПР та їх комплексна реалізація в якості системи підтримки прийняття рішення (СППР) для інструктора тренажеру, дозволила б позбавити сучасну методіку оцінювання знань, вмінь та навичок (ЗВН) авіадиспетчерів від вищезазначених недоліків. Завданням діагностики рівня ЗВН авіадиспетчера є не стільки встановлення того, що він знає і вмє, а саме того, що він не знає/не вмє. Діагностика проводиться з метою керування тренувальним процесом (його корекції), тому є необхідним визначати помилки, похибки і негативні індивідуальні тенденції в роботі авіадиспетчерів на тренажері

© В.О. Григорєцький, В.М. Неділько, А.С. Пальоний, 2015

управління повітряним рухом.

Аналіз літератури. Оцінці впливу людського фактору на надійність (HRA – Human Reliability Assessment) приділялося багато уваги в 70-80-х рр., особливо в атомній промисловості, і саме тоді з'явилася велика кількість різних методів HRA [1 – 8]. Більшість з цих методів не призначаються саме для моделювання діяльності та помилок операторів з УПР та не дозволяють адекватно ідентифікувати помилки, що виникають під час УПР або є занадто загальними для їх практичного застосування (Stager & Hameluck, Rouse & Rouse, Rasmussen, Reason, Embrey, Norman, Jones & Endsley, Williams & Munley та ін.). У вітчизняній науці питання професійного відбору, моделювання задач і автоматизації оцінки дій авіадиспетчерів розглядалися В.М. Затонським, Г.А. Крижановським, С.М. Неділько, М.М. Сухих, В.П. Харченко та іншими.

Запропонований Євроконтролем новий HRA-підхід включає в себе застосування набору взаємопов'язаних моделей, за допомогою яких можливо ідентифікувати і класифікувати помилки, що припускають авіадиспетчери: 1) когнітивні моделі, які описують те, як увага оператора розподіляється (протікає) між різними діями; 2) моделі запису (відстеження, реєстрації) подій для "схоплення" помилок на рівні дій; 3) темпоральна логіка для вираження поведень, що становлять помилки на рівні задач. Ключовою моделлю для ідентифікації та класифікації помилок у даному підході виступає модель вибору оператора (ОСМ – Operator Choice Model). ОСМ послідовно описує, які певні події можуть мати місце протягом реалізації вправи на тренажері. Ця модель охоплює обидва рішення: правильні і неправильні для реєстрації того, як помилки виникають, поширюються і корегуються протягом запуску вправи на тренажері УПР. Також існує підхід, призначений саме для автоматизованої оцінки дій авіадиспетчерів, що базується на "еталонній" моделі діяльності авіадиспетчера – профільній моделі, у якій закладені "еталонні" значення параметрів виконання технологічних операцій та процедур. Висновок відносно правильності дій авіадиспетчера робиться на підставі зіставлення індивідуальної моделі діяльності авіадиспетчера з "еталонною" моделлю. Виявлення відмінностей у фактичних та "еталонних" значеннях показників критеріїв діагностики у виконанні окремих технологічних операцій і процедур дозволяє діагностувати помилки у діях авіадиспетчера за частковими критеріями безпомилковості, послідовності, точності, швидкодії та своєчасності [3].

Розглянуті вище підходи, або не передбачають їх застосування в області автоматизованого аналізу і оцінки дій авіадиспетчерів, або є

занадто загальними і не достатньо розроблені на рівні моделей та алгоритмів для реалізації відповідних оцінюючих програм.

Мета статті – розробка моделей ідентифікації помилок авіадиспетчерів за критеріями безпомилковості і своєчасності реагування на конфліктні ситуації у повітряному русі.

Моделі аналізу дій авіадиспетчерів. Побудова моделей аналізу і оцінки дій авіадиспетчерів базується на загальній причинно-наслідковій моделі ризику. Її застосування дозволяє визначати причинно-наслідкові зв'язки між помилкою або ланцюжком помилок, припущених авіадиспетчером під час УПР і авіаційною подією. З цією метою в наших моделях застосовуються два підходи до моделювання: побудова діаграм послідовності подій (ДПП) і дерев помилок [3]. ДПП представляють собою різні сценарії авіаційних подій на найзагальнішому рівні моделей, у той час як дерева помилок, посилюючись на базові помилки диспетчера, конкретизують умови та обставини їх припущення (рис. 1).

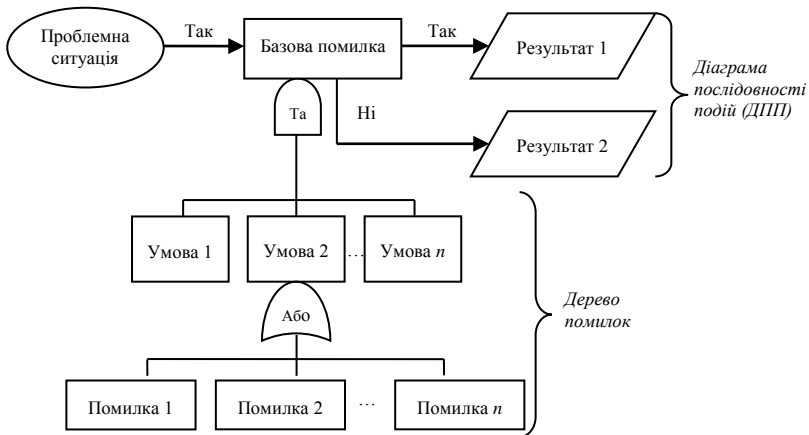


Рис. 1. Загальний підхід до побудови моделей помилок

Моделювання аналізу дій авіадиспетчерів з виявлення небезпечних ситуацій з повітряними суднами (ПС) здійснюється на прикладі аналізу помилок авіадиспетчерів районного диспетчерського центру з виявлення потенційно-конфліктних ситуацій (ПКС) та конфліктних ситуацій (КС) з ПС. Цей приклад є показовим тим, що дозволяє розглянути розвиток проблемної ситуації покроково (послідовно в рамках різних "буферів безпеки", які створюються сучасними наземними і бортовими засобами автоматизації – функцією середньострокового виявлення конфлікту

(MTCD – Medium-Term Conflict Detection), функцією короткострокового попередження про конфліктну ситуацію (STCA – Short-term conflict alert) та бортовою системою попередження зіткнень ПС у повітрі (TCAS – Traffic alert and Collision Avoidance System).

Від того, наскільки правильно і своєчасно авіадиспетчер ідентифікував проблемну ситуацію за участю двох і більше ПС, залежатиме оптимальність прийнятого ним рішення і ефективність його реалізації в обмежених часових рамках. У зв'язку з цим, одними з найважливіших критеріїв оцінки діяльності авіадиспетчера є критерій *правильності* реагування на проблемну ситуацію та критерій *своєчасності* дій у відповідь на неї.

За кожним з цих критеріїв оцінки були побудовані діаграми послідовності подій з визначенням базових помилок відповідного класу та їх можливих наслідків.

В основі дерев помилок лежить ряд базових подій, спільне виконання яких дозволяє ідентифікувати типові помилки авіадиспетчера за відповідним критерієм оцінки [4]. Такими базовими подіями можуть бути:

- 1) помилки авіадиспетчера на рівні виконання ним окремих дій в рамках критерію оцінки, що моделюється за допомогою дерев помилок: "диспетчер не надав вказівки для забезпечення (відновлення) ешелонування", "диспетчер надав вказівку для забезпечення ешелонування несвоєчасно" і т.п.;
- 2) зовнішні події або ситуації: "два ПС знаходяться на конфліктних курсах", "диспетчеру надано сповіщення STCA", "спрацювала TCAS RA на борту (рекомендація з вирішення загрози зіткнення ПС)" і т.п.

Загалом дерева помилок охоплюють собою дві групи помилок: помилки виконання/невиконання необхідних дій у певній проблемній ситуації та помилки виконання непотрібних (зайвих) дій. Окрім того, на практиці, для визначення причин помилок, необхідно враховувати різноманітні програмні (технічні) збої (відмови) у роботі систем спостереження УПР, зв'язку, збій MTCD, STCA тощо.

Аналіз діяльності авіадиспетчера за критерієм *безпомилковості* виявлення проблемної ситуації базується на перевірці відповідності реакції авіадиспетчера наявних умов повітряної і метеорологічної обстановки з урахуванням тенденції їх розвитку. Таким чином, за даним критерієм оцінюється адекватність виконання авіадиспетчером певних дій по відношенню до дійсно існуючої проблемної ситуації або їх невиконання за відсутності проблеми.

До типових помилок авіадиспетчера за критерієм безпомилковості розпізнання проблем у повітряному русі (конфліктів) можна віднести наступні:

- 1) не виявив наявність простого (дуельного) конфлікту за участю пари ПС – не вжив заходів щодо забезпечення ешелонування ПС взагалі (до моменту отримання пілотом сповіщення TCAS RA) (рис. 2);
- 2) не розпізнав комплексну конфліктну ситуацію за участю більш ніж двох ПС;
- 3) розпізнав поточний конфлікт як простий, надавши вказівку для забезпечення інтервалів між парою ПС, у той час як мала місце комплексна конфліктна ситуація;
- 4) не відреагував на "вторинний" (незапланований) конфлікт, який був створений самим диспетчером внаслідок рішення поточного конфлікту;
- 5) визначив неконфліктну пару ПС як конфліктну у відсутності спрацювання STCA;
- 6) не виявив відсутність ПКС/КС у випадку хибного спрацювання функції STCA.

Умовою спрацювання TCAS RA є поєднання двох критеріїв, а саме:

- 1) знаходження конфлікуючих ПС в області з меншими інтервалами висот, ніж 700 ф. (213 м) при польотах ПС вище 300 ф. (91 м) на малих висотах (ΔH_{RA});

- 2) перетин конфлікуючих ПС визначеного часового порогу $t_{RA} = 35$ сек. (область усунення конфліктної ситуації) для польоту вище ешелону 200.

У запобіганні можливих зіткнень важливий час польоту до точки максимального зближення (Closest Point of Approach) – t_{CPA} , а не відстань до цієї точки.

На рис. 2 наведений приклад (фрагмент) дерев помилок авіадиспетчера з не виявлення конфлікту, на якому позначені параметри ідентифікації помилок відповідного типу, де ΔH_c – інтервал висот між ПС під час існування конфлікту; t_{com} – час надання авіадиспетчером вказівки пілоту ПС щодо забезпечення (відновлення) інтервалів ешелонування між ПС. Помилка 1.1* відповідає ситуації, коли авіадиспетчер надав вказівку для ешелонування після TCAS RA, що рівнозначно, з позиції наслідків, її відсутності взагалі. А головне, така реакція диспетчера свідчить про те, що він не був здатен самостійно визначити конфліктну ситуацію у конкретній обстановці. Аналогічним

чином були побудовані дерева помилок за кожними класом помилок згідно вище наведеного переліку. Окрім того, за цим критерієм, розроблені дерева помилок, за якими визначаються контекст та обставини припущення помилок відповідного класу.

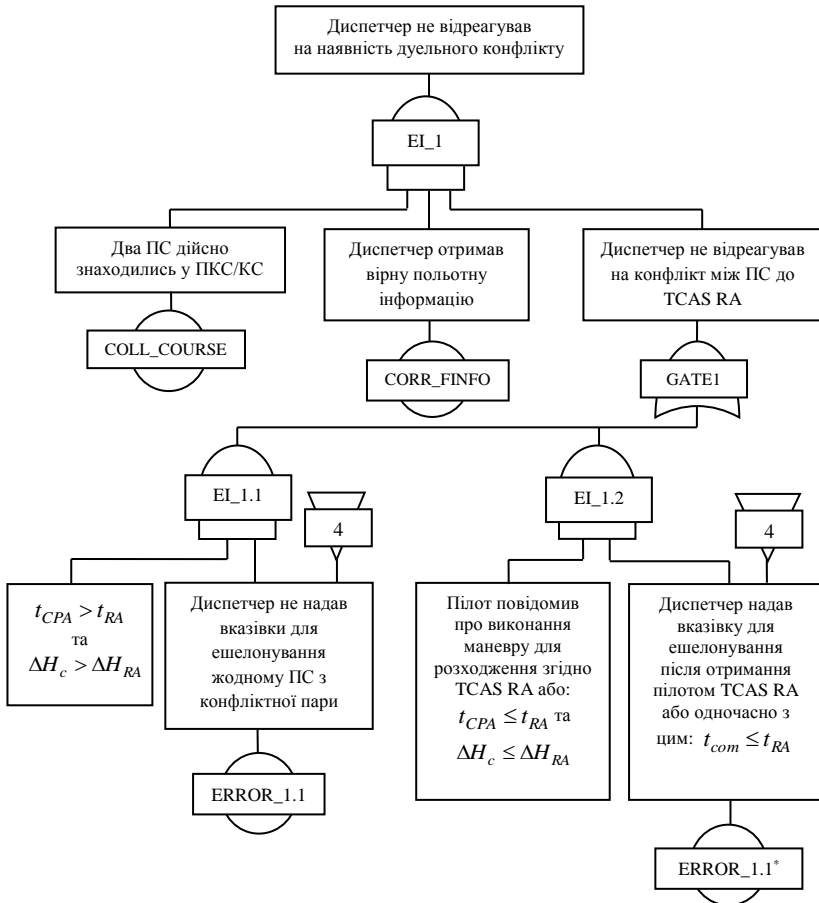


Рис. 2. Дерево помилок авіадиспетчера при виявленні дуельного конфлікту

В результаті аналізу дій авіадиспетчера за критерієм безпомилковості виявлення проблемної ситуації, формуються функції

часткових критеріїв оцінки $F(CI_{kN}^p)$, що характеризують кількісні показники адекватності виконання дій авіадиспетчером за k -ю процедурою з вирішення p -ї проблемної ситуації (конфлікту). При невиконанні дій щодо дійсно існуючої проблемної ситуації або при виконанні дій щодо неіснуючої проблемної ситуації $F(CI_{kN}^p) = CI_{kN}^{p(F)} = 1$ (важливість цих помилок диференційована і враховується у інтегральних коефіцієнтах важливості відповідних помилок); при виконанні дій щодо дійсно існуючої проблемної ситуації $F(CI_{kN}^p) = CI_{kN}^{p(T)} = 0$.

Кількісний показник за частковим критерієм безпомилковості виявлення p -ї проблемної ситуації (конфлікту) CI_{kN}^p визначається за формулою

$$CI_{kN}^p = 1 - CI_{kN}^{p(F)} \cdot r_j^{CI} \cdot f(h_s), \quad (1)$$

де CI_{kN}^p – значення кількісного показника за критерієм безпомилковості виявлення проблемної ситуації, що відповідає помилковій реакції з боку диспетчера, тобто $F(CI_{kN}^p) = 1$; r_j^{CI} – інтегральний коефіцієнт важливості j -ї помилки за критерієм безпомилковості виявлення проблемної ситуації ($0 \leq r_j^{CI} \leq 1$); h_s – змінна, що визначає статус ПС, які приймали участь у конфлікті ($h_s = 1,2$ для ПС в аварійному стані; $h_s = 1,1$ для ПС, що виконували політ як літерний рейс; $h_s = 1,0$ для ПС без особливого статусу).

Визначення інтегрального вагового коефіцієнту важливості помилки r_j^{CI} за критерієм безпомилковості виявлення проблемної ситуації здійснюється за формулою:

$$r_j^{CI} = \sum_{i=1}^n w_i^{CI} k_{ij}^{ct}, \quad (2)$$

де w_i^{CI} – коефіцієнт відносної важливості помилок i -го класу за критерієм безпомилковості виявлення проблемної ситуації; k_{ij}^{ct} – вага j -ї типової помилки в реагуванні на проблемну ситуацію (ПКС) диспетчером за контекстом її припущення.

Аналіз *своєчасності* реакції авіадиспетчера на проблемну ситуацію у повітряному русі здійснюється шляхом перевірки витримування ним вимог щодо виконання дій у відповідь на появу проблемної ситуації в межах проміжку часу, що є в нього на прийняття рішення. При оцінці

своєчасності дій диспетчерів УПР в контексті конфліктних ситуацій і запобіганню зіткненням між ПС, розглядаються часові інтервали, на протязі яких спостерігаються певні типові події: спрацювання функції MTCD, STCA, TCAS.

В рамках критерію своєчасності розглядаються *тактичні* помилки авіадиспетчера в реагуванні на наявність ПКС/КС та небезпечних зближень (НЗ) ПС. Фіксація помилок у несвоєчасному реагуванні на проблему у повітряному русі за ступенем *небезпечності* передбачає визначення етапу їх припущення у часовому вимірі з розвитком проблемної ситуації; ідентифікація помилок *за типом* визначає обставини та контекст, за якими авіадиспетчером були припущені помилки у виявленні ПКС/КС.

Визначення ступеню серйозності (небезпечності) ПКС/КС здійснюється за нормативами Євроконтролю, що базуються на максимальному коефіцієнті пропорційності горизонтальних та вертикальних дистанцій між ПС [9].

Помилки за ступенем небезпечності враховують шість фаз розвитку ПКС, які розподіляються на три групи, а саме: відсутність реакції з боку диспетчера районного диспетчерського центру (РДЦ) на наявність ПКС до спрацювання функції STCA, відсутність реакції з боку диспетчера РДЦ на наявність ПКС/КС після спрацювання функції STCA та відсутність реакції (запізня реакція) з боку диспетчера РДЦ на наявність конфлікту при небезпечному зближенні ПС (до TCAS RA).

Крім того, складений докладний перелік типових помилок авіадиспетчера у несвоєчасному виявленні ПКС, які враховують обставини та причини виникнення проблемної ситуації, а також взаємне розташування ПС у повітряному просторі під час існування конфлікту.

За кожним класом і типом помилок були визначені кількісні значення коефіцієнтів, що характеризують ступінь небезпечності помилок та коефіцієнти відносної важливості типових помилок відповідно. На їх підставі розраховані інтегральні вагові коефіцієнти важливості помилки за критерієм своєчасності реагування. Такий комплексний підхід дозволяє врахувати при оцінці рівень та характер загроз, викликаних несвоєчасними діями авіадиспетчера, що визначаються, *по-перше*, етапом розвитку проблемної ситуації, *по-друге*, контекстом, у якому відбулася подія. Коефіцієнти важливості помилок були отримані шляхом експертного опитування інструкторського складу ТЦ ОПР Кіровоградської льотної академії Національного авіаційного університету з застосуванням методу попарних порівнянь.

Висновки. Застосування наведених моделей оцінки дій авіадиспетчерів базується на виявленні відповідності між фактичною дією та помилковою реакцією авіадиспетчера, що є у складі моделі помилок. При виявленні такої відповідності за кожним критерієм оцінки фіксується припущення авіадиспетчером певного типу помилок на кожному з етапів автоматизованого аналізу. Кожен з цих етапів застосовує сукупність таких критеріїв оцінки, результат оцінки за якими обумовлює *можливість* або *доцільність* проведення оцінки за іншими критеріями нижчого рівня оцінки. Ієрархічна та послідовна взаємозалежність критеріїв один від одного та їх тісна взаємодія у процесі оцінки, робить доцільним реалізацію комплексної автоматизованої оцінки на базі *мультиагентного підходу* [10, 11].

Список літератури: 1. *Isaac A.* Technical Review of Human Performance Models and Taxonomies of Human Error in ATM (HERA) / *A. Isaac, S.T. Shorrock, R. Kennedy, B. Kirwan, H. Anderson, T. Bove.* – EUROCONTROL EATMP Report HRS/HSP-002-REP-03 Edition 1. Brussels: EUROCONTROL. 26 April 2002. – 134 p. 2. *Kirwan B.* Technical Basis for a Human Reliability Assessment Capability for Air Traffic Safety Management / *B. Kirwan.* – Brussels: Eurocontrol, 2007. – 51 p. 3. *Чинченко Ю.В.* Подходы к автоматизации процесса управления уровнем готовности авиадиспетчеров к действиям в кризисных ситуациях / *Ю.В. Чинченко.* – Наукові праці академії, вип. 7, частина 1. – Кіровоград: Вид-во ДЛАУ. – 2003. – С. 132-138. 4. *Roelen A.* A generic air traffic controller performance model for application in a causal model of air transport / *A. Roelen, GB van Baren, PH Lin, O. Morales-Napoles, D. Kurowicka, R. Cooke.* – NLR-CR-2007-593. Amsterdam: Nationaal Luchten Ruimtevaartlaboratorium (NLR), 2008. – 62 p. 5. Episode 3 – SESAR Top-Down Systemic Risk Assessment – D2.4.3-02-240, EUROCONTROL Experimental Centre, 2009. – 240 p. 6. Safety and Performance Requirements, PASS/WA5/WP2/168/W, Version 1.1, 26-10-2010. – 53 p. 7. *Driscoll K.* Data Network Evaluation Criteria Report / *K. Driscoll, B. Hall, P. Koopman, J. Ray, M. DeWalt.* – DOT/FAA/AR-09/27, FAA, July 2009 – 103 p. 8. *Harkleroad E.* Risk-based Modeling to Support NextGen Concept Assessment and Validation / *E. Harkleroad, A. Vela, J. Kuchar, B. Barnett, R. Merchant-Bennett.* – Project Report ATC-405, MIT Lincoln Laboratory, Lexington, MA, 2013. – 59 p. 9. Model-based performance evaluation of STCA operations – Interim report (Phase 2) – PASS/WA2/WP9/137/D, version 1.1, February 2010. – 79 p. 10. *Неделько С.Н.* Разработка системы критериев оценки для автоматизированного анализа действий авиадиспетчеров на тренажерах обслуживания воздушного движения / *С.Н. Неделько, В.А. Григореецкий, А.С. Паленный.* – Наукові праці академії. – Вип. 5. – Част. 1. – Кіровоград: Вид-во ДЛАУ. – 2005. – С. 260-266. 11. *Паленный А.С.* Применение мультиагентного подхода для реализации автоматизированного анализа действий авиадиспетчеров на комплексных тренажерах обслуживания воздушного движения / *А.С. Паленный.* – Наукові праці академії. – Вип. 7. – Част. 1. – Кіровоград: Вид-во ДЛАУ. – 2007. – С. 145-156.

Bibliography (transliterated): 1. *Isaac A.* Technical Review of Human Performance Models and Taxonomies of Human Error in ATM (HERA) / *A. Isaac, S.T. Shorrock, R. Kennedy, B. Kirwan, H. Anderson, T. Bove.* – EUROCONTROL EATMP Report HRS/HSP-002-REP-03 Edition 1. Brussels: EUROCONTROL. 26 April 2002. – 134 p. 2. *Kirwan B.* Technical Basis for a Human Reliability Assessment Capability for Air Traffic Safety Management / *B. Kirwan.* – Brussels: Eurocontrol, 2007. – 51 p. 3. *Chinchenko Yu.V.* Podkhody k avtomatizatsii protsessa upravleniya urovнем gotovnosti aviadispetcherov k deystviyam v krizisnykh situatsiyakh / *Yu.V. Chinchenko.* – Naukovi praci akademiji. – Vyp. 7. – Chast. 1. – Kirovograd: Vyd-vo DLAU. – 2003. – P. 132-

138. **4. Roelen A.** A generic air traffic controller performance model for application in a causal model of air transport / *A. Roelen, GB van Baren, PH Lin, O. Morales-Napoles, D. Kurowicka, R. Cooke.* – NLR-CR-2007-593. Amsterdam: Nationaal Luchten Ruimtevaartlaboratorium (NLR), 2008. – 62 p. **5.** Episode 3 – SESAR Top-Down Systemic Risk Assessment – D2.4.3-02-240, EUROCONTROL Experimental Centre, 2009. – 240 p. **6.** Safety and Performance Requirements, PASS/WA5/WP2/168/W, Version 1.1, 26-10-2010. – 53 p. **7.** *Driscoll K.* Data Network Evaluation Criteria Report / *K. Driscoll, B. Hall, P. Koopman, J. Ray, M. DeWalt.* – DOT/FAA/AR-09/27, FAA, 2009 – 103 p. **8.** *Harkleroad, E.* Risk-based Modeling to Support NextGen Concept Assessment and Validation / *E. Harkleroad, A. Vela, J. Kuchar, B. Barnett, R. Merchant-Bennett.* – Project Report ATC-405, MIT Lincoln Laboratory, Lexington, MA, 2013. – 59 p. **9.** Model-based performance evaluation of STCA operations – Interim report (Phase 2) – PASS/WA2/WP9/137/D, version 1.1, 2010. – 79 p. **10.** *Nedelko S.N.* Razrabotka sistema kriteriev otsenki dlya avtomatizirovannogo analiza deystviy aviadispatcherov na trenazherakh obsluzhivaniya vozdušnogo dvizheniya / *S.N. Nedelko, V.A. Grigoretskiy, A.S. Palennyy.* – Naukovi praci akademiji. – Vyp. 5. – Chast. 1. – Kirovohrad: Vyd-vo DLAU. – 2005. – P. 260-266. **11.** *Palennyy A.S.* Primenenie multiagentnogo podkhoda dlya realizatsii avtomatizirovannogo analiza deystviy aviadispatcherov na kompleksnykh trenazherakh obsluzhivaniya vozdušnogo dvizheniya / *A.S. Palennyy.* – Naukovi praci akademiji. – Vyp. 7. – Chast. 1. – Kirovohrad: Vyd-vo DLAU. – 2007. – P. 145-156.

Надійшла (received) 06.11.2015

Статтю представив д-р техн. наук, проф. ХУПС Кучук Г.А.

Grigorezky Vladimir, Dr.Sci.Tech, Professor
Kharkiv University of Air Force
Str. Sumskey, 77/79, Kharkov, Ukraine, 61023
tel./phone: +38 050 3233021, e-mail: hups1954@ukr.net
ORCID ID: 0000-0003-4451-83X8

Nedelko Vitaliy, PhD in Engineering sciences, Assistant Professor
Kirovohrad Flight Academy of National Aviation University
Str. Dobrovolsky, 1, Kirovohrad, Ukraine, 25005
tel./phone: (0522) 39-47-25, e-mail: nvn60@ukr.net
ORCID ID: 0000-0006-4561-8368-83X8

Palenny Andrey, lecturer
Kirovohrad Flight Academy of National Aviation University
Str. Dobrovolsky, 1, Kirovohrad, Ukraine, 25005
tel./phone: +38 050 5256368, e-mail: andreypalen@gmail.com
ORCID ID: 0000-0003-4451-83X8