

Розвиток, бойове застосування та озброєння авіації

УДК 656.7.086 (45)

DOI: 10.30748/nitps.2019.34.04

М.В. Касаткін¹, Ю.В. Сікірда², Т.Ф. Шмельова³, П.В. Гризодуб⁴

¹ Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

² Льотна академія Національного авіаційного університету, Кропивницький

³ Національний авіаційний університет, Київ

⁴ Відокремлений структурний підрозділ Національного авіаційного університету Слов'янський коледж Національного авіаційного університету, Слов'янськ

МОДЕЛЮВАННЯ КОНСОЛІДОВАНОГО ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЕКІПАЖЕМ ТА ДИСПЕТЧЕРОМ В ОСОБЛИВИХ ВИПАДКАХ В ПОЛЬОТІ

Представлено еволюцію моделей людського фактору в авіації з 1972 року до теперішнього часу, підкреслено актуальність на сучасному етапі розвитку авіаційної соціотехнічної системи проблеми організації консолідованого прийняття рішень всіма операційними партнерами. Формалізовано позаштатну польотну ситуацію, яка виникає на борту повітряного судна при відмові одного двигуна та пожежі іншого з однієї сторони під час зльоту. Проведено мережевий аналіз розвитку особливого випадку в польоті, отримано детерміновані моделі прийняття рішень операторами аеронавігаційної системи, синхронізовано дії екіпажу повітряного судна та диспетчера під час парирования аварійної ситуації в польоті. Визначений оптимальний варіант розвитку подій при виникненні позаштатної польотної ситуації за критерієм мінімізації часу завершення польоту.

Ключові слова: мережевий графік, оптимальна взаємодія, синхронізація, спільне прийняття рішень, структурно-часова таблиця, сценарій розвитку подій.

Вступ

Постановка проблеми. Незважаючи на удосконалення систем управління повітряним судном (ПС) і повітряним рухом, людський фактор (ЛФ) як і раніше значно впливає на безпеку польотів – близько 80% авіаційних подій відбувається з вини людини [1]. Теорія ЛФ поступово розвивається, тестується та інституціоналізується. Дослідження еволюції авіаційної системи в напрямі комплексної соціотехнічної системи з поступовими змінами та доповненнями відомої моделі людського фактору SHEL (1972 р.) до теперішнього часу наведено в табл. 1 [2–7].

Авторами виділено п'ять етапів еволюції моделей ЛФ в авіації, пов'язаних з появою нових компонентів авіаційної системи та удосконаленням діагностики помилок оператора (табл. 1):

Етап 1: Професійні навички / Взаємодія / Помилки.

Етап 2: Співпраця в команді / Взаємодія в команді / Виявлення помилок.

Етап 3: Культура / Безпека / Попередження помилок.

Етап 4: Управління безпекою / Ефективність / Мінімізація помилок.

Етап 5: Консолідоване (спільне) прийняття рішень (ПР) / Дані для ПР.

На сьогоднішній день ключову роль в забезпеченні безпеки польотів грає проблема організації консолідованого прийняття рішень (CDM – Collaborative Decision Making) усіма операційними партнерами – аеропортом, службою управління повітряним рухом, авіакомпаніями та наземними операторами – на основі спільної інформації про процес польоту та наземне обслуговування ПС в аеропорту [6].

Глобальною експлуатаційною концепцією організації повітряного руху (ATM) [8] передбачається забезпечення спільного (пілот-диспетчер) ПР з управління повітряним рухом на основі діалогу між ними та оцінки інформації в реальному масштабі часу на всіх етапах польоту.

Саме від адекватної взаємодії між пілотом і диспетчером залежить життя авіапасажирів в небі і третіх осіб на землі. Згідно статистичним даним Мережі Авіаційної Безпеки (ASN) [9], протягом другої половини 20 ст. через проблеми у взаємодії пілот-диспетчер (мовний бар'єр, проблеми з комунікаціями, втручання диспетчера в роботу екіпажу, невірні вказівки/команди диспетчера тощо) у авіаційних катастрофах загинуло близько 2 000 чоловік.

Узгоджена, чітка взаємодія між пілотом та диспетчером найбільш важлива при виникненні особливих випадків в польоті (ОВП), які характеризуються гострим дефіцитом часу на ПР в умовах неповноти і невизначеності інформації, а також значним психофізіологічним навантаженням на екіпаж ПС (ЕПС). Остаточне рішення про порядок вико-

нання польоту в ОВП приймає командир повітряного судна (КПС), який несе повну відповідальність за прийняті рішення.

В свою чергу, диспетчер відповідає за правильність та своєчасність інформації та рекомендацій, наданих ЕПС, тому диспетчеру в таких ситуаціях теж відводиться значуща роль [10–11].

Таблиця 1

Еволюція моделей людського фактору

Рік	Модель	Зміст моделі		Зміст етапу моделі	Номер етапу
1972	SHEL	Software (procedures) - Hardware (machines) - Environment - Liveware	Програми (процедури) - Устаткування (машини) - Середовище - Людина-оператор	Професійні навички / Взаємодія / Помилки	I
1990	Reason's "Swiss Cheese Model"	Active errors - Latent errors - Windows of opportunity - Causation chain	Активні помилки - Приховані помилки - Можливості - Ланцюг причинності		
1993	SHELL	Software (procedures) - Hardware (machines) - Environment - Liveware - Liveware (humans)	Програми (процедури) - Устаткування (машини) - Середовище - Людина-оператор - Людина-оператор (люди)		
1999	CRM	Crew - Resource - Management	Оптимізація роботи екіпажу повітряного судна	Співпраця в команді / Взаємодія в команді / Виявлення помилок	II
2000	TEM	Threat and Error - Management	Управління загрозами і помилками		
2000	TRM	Team - Resource - Management	Управління ресурсами команди		
2000	MRM	Maintenance - Resource - Management	Управління ресурсами технічного обслуговування		
2004	SHELL-T (SHELL-Team)	Software (procedures) - Hardware (machines) - Environment - Liveware - Liveware (humans) - Team	Програми (процедури) - Устаткування (машини) - Середовище - Людина-оператор - Людина-оператор (люди) - Команда		
2004	SCHELL model and CRM	Software (procedures) - Culture - Hardware (machines) - Environment - Liveware - Liveware (humans) and Company Resource Management	Програми (процедури) - Культура - Устаткування (машини) - Середовище - Людина-оператор - Людина-оператор (люди) - Управління ресурсами компанії	Культура / Безпека / Попередження помилок	III
2004	LOSA	Line - Operation - Safety - Audit	Експлуатація - Безпека - Аудит (Аудит безпеки польотів)		
2009	HEAD	Human - Environment - Analysis - Design	Людина - Зовнішнє середовище - Аналіз - Розробка		
2009	PBA SMART	Performance-Based Approach Specific - Measurable - Achievable - Relevant - Timebound	Підхід, заснований на характеристиках Конкретний - Вимірний - Досяжний - Порівнянний - Визначений у часі		
2010	HFACS	Human - Factors - Accident - Classification - System	Людина - Фактори - Аварія - Класифікація - Система		
2013	SMS Balance Model	Safety Management System Safety/Efficiency Balance Model	Система управління безпекою Модель балансу між безпекою та ефективністю	Управління безпекою / Ефективність / Мінімізація помилок	IV
2016-2018	CDM	Collaborative Decision Making (CDM) System-Wide Information Management (SWIM) Flight & Flow Information for a Collaborative Environment (FF-ICE)	Консолідоване прийняття рішень Загальносистемне управління інформацією Інформація про політ та потоки повітряного руху для спільного використання повітряного простору		

Основною вимогою до диспетчера при виникненні ОВП є постійна готовність надати необхідну допомогу ЕПС в залежності від виду ситуації, що склалася, з урахуванням повітряної обстановки та метеорологічних умов. Одним з факторів, який значно ускладнює взаємодію між пілотом та диспетчером, є недосконалі знання диспетчерами технологічних операцій, що виконуються ЕПС в ОВП [12].

Технології дій ЕПС та диспетчера в позаштатних ситуаціях повинні відповідати визначеному алгоритму, прописаному у нормативних та регламентуючих документах, тому для формалізації дій лю-

дини-оператора в ОВП можна застосовувати детерміновані моделі [13–14]. Оскільки ОВП представляє собою подію, що розвивається в часі, то при моделюванні спільного ПР пілотом та диспетчером відповідно до алгоритму дій у разі виникнення ОВП доцільно користуватися мережевими графіками, які відображають технологічну залежність і послідовність операційних процедур операторів, зв'язують їх звершення в часі з урахуванням витрат ресурсів і вартості робіт з виділенням при цьому вузьких (критичних) місць.

Таким чином, проблему оптимізації взаємодії пілота та диспетчера в ОБП можна розв'язати шляхом розробки та синхронізації (максимального узгодження за часом) детермінованих моделей спільного ПР операторами, що дозволить мінімізувати критичний час, необхідний для парирования ОБП, шляхом визначення оптимальної послідовності виконання технологічних операцій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У 1979 р. авіакомпанія KLM розробила першу програму навчання льотного складу ефективним методам взаємодії та обміну інформацією, що отримала назву *Cockpit Resource Management (CRM – управління ресурсами кабіни [15–16].* Поступово акценти зміщувалися, розшифрування першої літери “С” в аббревіатурі змінювалася тричі – від *Cockpit (кабіна)* до *Crew (екіпаж)*, і нарешті – коли в поняття “екіпаж” були послідовно включені бортпровідники, диспетчери, технічний та управлінський персонал і в кінцевому підсумку вся авіакомпанія – “С” стало читатися як *Company*, а назва дисципліни – “управління ресурсами авіакомпанії”. Можна сказати, що з цього моменту прийшло усвідомлення безпеки як системної якості, корпоративної культури компанії [5].

Оптимізація взаємодії в ЕПС та диспетчерській зміні як малих групах [17–18] відбувається на основі методів соціоніки та соціометрики [19–20].

Глобальна експлуатаційна концепція АТМ представляє бачення ІКАО щодо інтегрованої, гармонізованої та глобально взаємосумісної системи АТМ. Її мета полягає в переході до використання цілісних, кооперативних і спільних процесів прийняття рішень, в рамках яких очікування суб'єктів системи АТМ будуть збалансовані і спрямовані на досягнення оптимальних результатів на основі рівноправності і забезпечення доступу всіх учасників [8].

Впровадження нових технологічних рішень, зокрема, CDM (*Collaborative Decision Making – консолідоване прийняття рішень*), потребує використання сучасного інформаційного середовища на основі концепції загальносистемного управління інформацією (*SWIM – System Wide Information Management*) та концепції інформації про політ та потоки повітряного руху для спільного використання повітряного простору (*FF-ICE – Flight & Flow Information for a Collaborative Environment*) [6–7].

У рамках впровадження Глобального аеронавігаційного плану [21] ІКАО працює над поетапним удосконаленням системи функціонування цивільної авіації, і зараз розпочався розвиток “мережецентричних систем” (концепція SWIM), так як нинішній спосіб обміну даними “точка-точка” перестав встигати за підвищенням зростання обсягу повітряних перевезень і бути ефективним. SWIM – це своєрідний Інтернет для авіації: робота мережі заснована на наданні інформації при взаємодії різних авіаційних систем.

Концепція FF-ICE обмежується обміном інформацією про політ між суб'єктами системи АТМ [7]. Вона починається з завчасного подання користувачами повітряного простору польотної інформації в систему АТМ і закінчується архівуванням відповідної інформації після польоту. FF-ICE підтримує всі компоненти експлуатаційної концепції АТМ, що вимагають надання польотної інформації: узгодження попиту і пропускну здатності (DCB), управління конфліктними ситуаціями (CM), управління наданням обслуговування (SDM), структуризація і організація повітряного простору (AOM), операції на аеродромі (AO), синхронізація руху (TS), операції користувачів повітряного простору (AUO), і уточнює Глобальну експлуатаційну концепцію АТМ в галузі управління польотною інформацією. Вона створює необхідну основу для найбільш сучасних систем АТМ та розробки механізму управління 4D-траєкторією.

Консолідоване прийняття рішень (CDM) передбачає безперервний процес представлення інформації та індивідуального ПР різними взаємодіючими учасниками, а також забезпечення синхронізації прийнятих учасниками рішень та обміну інформацією між ними. Важливо забезпечити можливість прийняття спільного комплексного рішення на прийнятному рівні ефективності. Одним із можливих підходів є попереднє спільне розроблення процедур, які будуть застосовуватись у випадку позаштатних ситуацій [6]. Це потребує створення бази моделей можливих сценаріїв розвитку польотних ситуацій, основаних на моделях спільного ПР пілотом та диспетчером в ОБП.

В роботах [13–14] представлені отримані за допомогою методів мережевого планування детерміновані моделі ПР людиною-оператором аеронавігаційної системи (пілотом, диспетчером) в умовах нормованих алгоритмів професійної діяльності з детермінованим та імовірнісним часом на виконання технологічних процедур. Авторами визначено критичний шлях та час на виконання дій пілотом та диспетчером (окремо) в ОБП та основних етапів ПР з парирования ОБП відповідно до технологій роботи екіпажу, керівництв з виконання польотів для різних типів ПС, технологій дій диспетчера з використанням принципів ASSIST (*Acknowledge, Separate, Silence, Inform, Support, Time*) за “Типовими картами дій фахівців з обслуговування повітряного руху в аварійних та непередбачуваних ситуаціях” [22–24], розглядалися питання синхронізації операційних процедур Pilot Flying (пілота, який виконує дії з пілотування ПС) та Pilot Monitoring (пілота, що виконує комунікаційні функції) в умовах перехресного моніторингу у разі виникнення ОБП [25–26], але проблема спільного ПР пілотом та диспетчером при виникненні ОБП не досліджувалась.

Мета статті – проведення детального аналізу спільного ПР ЕПС та диспетчером у разі виникнення ОВП (на прикладі відмови одного двигуна та пожежі іншого з однієї сторони під час зльоту на багатомоторному ПС) методами мережевого планування, синхронізація операційних процедур операторів з оптимальною послідовністю дій та мінімальним часом завершення польоту.

Виклад основного матеріалу

Одним із способів ПР, який рекомендується авіаційними керівними документами у разі виникнення ОВП, є FADEC [27].

Fly the aircraft (Виконуйте політ): Пам'ятайте про обмеження, пов'язані з ПС, і, якщо дозволяють умови, використовуйте всі наявні системи автоматизації, наприклад, автопілот.

Assess situation (risk & time) (Оцінюйте ситуацію (ризик та час)): Витрачання більшого часу на оцінку ситуації може привести до кращого результату. Старайтесь уникати миттєвих/швидких рішень, якщо наявний час не надто обмежений.

Decide on a workable option and refer to abnormal or emergency checklist (Прийміть рішення про здійснений варіант і зверніться до контрольного переліку для позаштатних або аварійних ситуацій): Ситуація, в якій доведеться діяти системі “людські ресурси-обладнання-програмне забезпечення”, тобто природне навколишнє середовище.

Evaluate (Виконуйте оцінку): Продовжуйте оцінювати ситуацію і дії у міру розвитку ситуації (лінії зворотного зв'язку).

Communicate (Підтримуйте зв'язок): Підтримуйте зв'язок з органами управління повітряним рухом для прийняття спільних рішень, а також з іншим персоналом в міру необхідності.

Паралельний процес одночасного виконання технологічних операцій пілотом та диспетчером в ОВП можна представити у вигляді консолідованої двоканальної мережі. Для послідовної оптимізації подібної мережі з метою досягнення наскрізної ефективності спільних рішень доцільно використовувати мультикритеріальний підхід: досягнення мінімального часу на парировання ОВП при максимальній безпеці/максимальному узгодженні за часом дій операторів.

Способами оптимізації мережевого графіку виконання процедур оператором у разі виникнення ОВП (за мінімізацією часу при максимальній безпеці) є:

1. Оптимізація за часом – за рахунок регулювання використання ресурсів мінімізація часу виконання процедур критичного шляху t_i^k (1):

$$t_i^{k-1} < t_i^k < t_i^{k+1}, \quad (1)$$

де $t_i^{k-1} = \max \min t_i^k$ – мінімальний час при максимальній безпеці;

$t_i^{k+1} = \min \max t_i^k$ – критичний час максимального (критичного) шляху;

t_i^k – оптимальний (мінімальний) час.

2. Змінення топології мережі за рахунок багатоваріантних технологій виконання процедур.

3. Введення паралельного виконання процедур з максимальним узгодженням за часом (мінімальним часом для двох і більше графіків), тобто отримання оптимального консолідованого часу на виконання процедур t_j^k (2):

$$t_j^{k-1} < t_j^k < t_j^{k+1}, \quad (2)$$

де $t_j^{k-1} = \max \min t_j^k$ – мінімальний час з максимальним узгодженням за часом;

$t_j^{k+1} = \min \max t_j^k$ – критичний час максимального (критичного) шляху.

Для дослідження взаємодії ЕПС та диспетчера в ОВП розглянемо випадок, що стався 28 листопада 2010 року з літаком Іл-76ТД грузинської приватної авіакомпанії “Sun Ways Airlines”, який виконував рейс з Карачі в Хартум (Пакистан) з вантажем вагою 31 тонна [28]. Одразу після зльоту відмовив двигун №4, потім загорівся двигун №3. Полум'я двигуна було помічено з землі, про що диспетчер аеродромної диспетчерської вежі (АДВ) аеродрому проінформував КПС. Екіпаж намагався здійснити аварійну посадку.

О 1:48 за місцевим часом (UTC+5), через чотири хвилини після зльоту, літак впав на відкритій місцевості (6 км від торця злітно-посадкової смуги). Загинув увесь екіпаж літака (семеро українців та росіянин) і чотири чоловіка на землі. В ході розслідування катастрофи було виявлено, що в момент падіння літака два з чотирьох двигунів літака не працювали. На базі комплексного авіаційного тренажера КТС-32 (літак Іл-76ТД) було проведено моделювання дій ЕПС та диспетчера при відмові одного двигуна та пожежі іншого з однієї сторони під час зльоту. Досліджувались два можливі сценарії розвитку подій, коли КПС приймає рішення здійснювати вимушену посадку на аеродромі вильоту з прямим або зворотним курсом. Створювались різні метеорологічні умови, змінювались вага вантажу та центрування літака, завантаженість аеропорту тощо.

На підставі отриманих на тренажері КТС-32 результатів було розроблено детерміновану модель дій ЕПС та диспетчера при виникненні ОВП – відмові одного двигуна та пожежі іншого з однієї сторони під час зльоту. У табл. 2 наведено структурно-часову таблицю виконання дій ЕПС та диспетчером у разі відмови двигуна та пожежі іншого двигуна з однієї сторони під час зльоту.

Час, необхідний для виконання дій, спрямованих на парировання ОВП, вимірювався в процесі моделювання на тренажері під час тренування льотних екіпажів та диспетчерів цивільної авіації України, льотчиків та керівників польотів Повітряних Сил Збройних Сил України, а також екіпажів кількох іноземних авіакомпаній.

ни, льотчиків та керівників польотів Повітряних Сил Збройних Сил України, а також екіпажів кількох іноземних авіакомпаній.

Таблиця 2

Структурно-часова таблиця виконання дій ЕПС та диспетчером у разі відмови двигуна та пожежі іншого двигуна з однієї сторони під час зльоту

Етап	Дія	Опис дій ЕПС	Спирається на дію	Час виконання дії, t, с	Дія	Опис дій диспетчера	Спирається на дію	Час виконання дії, t, с
I	a ₁	Бортінженер (БІ) виявляє відмову двигуна	-	2	-	-	-	-
	a ₂	БІ доповідає КПС про відмову двигуна	a ₁	2				
	a ₃	КПС видає команду БІ виключити двигун, команду бортрадисту (БР) виключити генератор двигуна, що відмовив	a ₂	4				
	a ₄	КПС видає команду БР доповісти диспетчеру про відмову двигуна	a ₃	2				
	a ₅	КПС видає команду БІ убити шасі на висоті не нижче 5 м	a ₄	2				
	a ₆	КПС зменшує швидкість набору задля збільшення горизонтальної швидкості, продовжує зліт	a ₅	4				
II	a ₇	Спрацювання мовного інформатора "Пожежа", загорання червоного сигнального табло	a ₆	2	b ₂	Отримує від КПС повідомлення про пожежу іншого двигуна	b ₁	8
	a ₈	БІ визначає, на якому двигуні пожежа, доповідає КПС	a ₇	3				
	a ₉	КПС видає команду БР доповісти диспетчеру про пожежу	a ₈	3				
	a ₁₀	КПС переводить ПС в горизонтальний політ для збільшення швидкості прибирання механізації	a ₉	30				
	a ₁₁	КПС (на висоті не нижче 120 м і швидкості прибирання закрилків) видає команду БІ убити закрилки	a ₁₀	4	b ₃	Повідомляє КПС про зовнішні признаки відмов, фіксує час	b ₂	10
	a ₁₂	На швидкості прибирання передкрилків КПС видає команду БІ убити передкрилки	a ₁₁	5	b ₄	Перевіряє встановлення КПС аварійного коду літакового відповідача	b ₃	5
	a ₁₃	БІ доповідає КПС, що механізація прибирана	a ₁₂	15	b ₅	Доповідає керівнику польотів про виникнення ОВП	b ₄	5
	a ₁₄	КПС встановлює аварійний код літакового відповідача	a ₁₃	4	b ₆	Звільняє повітряний простір в безпосередній близькості до ПС	b ₅	15
	a ₁₅	КПС видає команду БІ виключити двигун, закрити пожежний кран, ввімкнути систему пожежогасіння	a ₁₄	8	b ₇	При необхідності вводить режим радіомовчання	b ₆	4
	a ₁₆	БІ контролює, чи ліквідована пожежа, вмикає другу і потім третю чергу пожежогасіння	a ₁₅	30	b ₈	Уточнює подальші наміри КПС щодо негайного заходу на посадку на аеродромі вильоту	b ₇	10
a ₁₇	БІ доповідає КПС, ліквідована пожежа чи ні	a ₁₆	2	b ₉	Сприяє виконанню прийнятого рішення	b ₈	37	
				b ₁₀	Передає інформацію про аварійний борт	b ₉	5	
				b ₁₁	Запитує у АМСЦ погоду для посадки	b ₁₀	5	
a ₁₈	КПС доповідає диспетчеру, вдалося чи ні ліквідувати пожежу, та рішення про посадку	a ₁₇	10	b ₁₂	Уточнює, чи вдалося ліквідувати пожежу двигуна	b ₁₁	10	
				b ₁₃	Забезпечує позачергову посадку ПС	b ₁₂	4	
				b ₁₄	Дає вказівки КПС для заходу на посадку, повідомляє про напрямок та швидкість вітру	b ₁₃	8	
				b ₁₅	Контролює рух ПС, інформує КПС про відхилення від курсу й глибини	b ₁₄	64	
a ₂₀	КПС видає команду БІ ввімкнути насосну станцію гідросистеми, що відмовила	a ₁₉	3	b ₁₆	Передає борт на управління диспетчеру АДВ	b ₁₅	4	
a ₂₁	КПС виконує посадку	a ₂₀	30	b ₁₇	Звільняє ЗПС у відповідності з місцевими інструкціями	b ₁₆	10	
a ₂₂	Після зупинки на злітно-посадковій смузі, якщо пожежа не ліквідована, КПС розвертає ПС проти вітру	a ₂₁	10	b ₁₈	За вказівкою керівника польотів приводить в готовність аварійно-рятувальні засоби	b ₁₇	5	

За допомогою мережевого планування синхронізовано дії ЕПС та диспетчера, в результаті чого визначений час виконання дій операторами на етапах парирования ОВП, а саме:

- I етап – відмова двигуна;
- II етап – пожежа іншого двигуна з однієї сторони;
- III етап – захід на посадку;
- IV етап – аварійна посадка.

Отримані дані статистично оброблено, їх статистичні характеристики знаходяться в допустимих межах: стандартне відхилення не перевищує 0,5 с; коефіцієнт варіації не перевищує 19 %. Тому отримані середні результати можна вважати достовірними. Також була проведена оцінка компетентності фахівців, що приймали участь у дослідженні, за до-

помогою аналізу їх професійної діяльності, широти кругозору та загальної ерудиції; отримано коефіцієнт компетентності.

Побудований мережевий графік (рис. 1) виконання процедур ЕПС та диспетчером при виникненні ОВП (відмові двигуна та пожежі іншого двигуна з однієї сторони під час зльоту) дозволяє визначити критичний час залежно від рішення, прийнятого КПС (здійснювати вимушену посадку на аеродромі вильоту з прямим або зворотним курсом), який становить $T_{крит пр} = 6$ хв. 02 с і $T_{крит зв} = 4$ хв. 10 с відповідно. Отже, в залежності від умов та обставин, при виникненні таких відмов літак швидше виконає посадку при заході зі зворотним курсом. Таким чином, це оптимальний варіант завершення польоту.

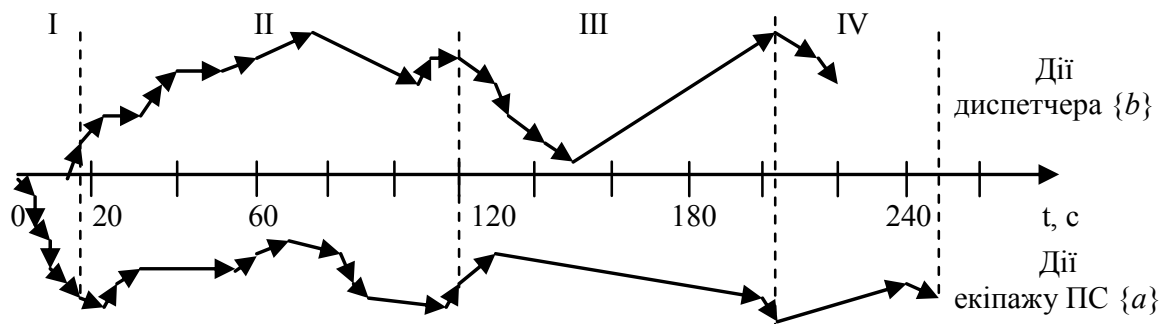


Рис. 1. Мережевий графік виконання процедур диспетчером та ЕПС при відмові двигуна та пожежі іншого двигуна з однієї сторони під час зльоту

У цьому контексті актуальним є використання льотних тренажерів в процесі професійної підготовки диспетчерів. Вони допоможуть диспетчеру безпосередньо ознайомитись з обстановкою в кабіні екіпажу та показниками приладів літака під час ОВП. При цьому диспетчер:

- отримає досвід дій членів екіпажу під час позаштатної ситуації;
- зверне увагу на те, як втручання диспетчера може порушити роботу членів екіпажу;
- виконає вправи з використання радіозв'язку в ОВП;
- виконає контрольну карту пілотів в ОВП;
- прийме участь в прийнятті рішень КПС в ОВП;
- спостерігатиме особливості відходу ПС на друге коло.

При виникненні ОВП диспетчеру рекомендується використовувати контрольні карти, які допоможуть обробляти інциденти з метою встановлення оптимальних дій для досягнення кращої співпраці пілота та диспетчера. Спостерігач, який працює з диспетчером, використовуючи контрольну карту зможе забезпечити якіснішу підтримку, оскільки буде більш ясно розуміти технологію роботи диспетчера в конкретному ОВП.

Висновки

За допомогою мережевого планування синхронізовано операційні процедури ЕПС та диспетчера при відмові двигуна та пожежі іншого двигуна з однієї сторони під час зльоту з оптимальною послідовністю дій та мінімальним часом завершення польоту, який складає 4 хв. 10 с при виконанні вимушеної посадки зі зворотним курсом. Отримано детерміновані моделі спільного консолідованого прийняття рішень пілотом та диспетчером з детермінованим часом на виконання операційних процедур людиною-оператором в ОВП.

Напрямок подальших досліджень є розробка детермінованих і недетермінованих мережевих моделей консолідованого ПР операторами аеронавігаційної системи з імовірнісним часом на виконання технологічних процедур та визначенням відповідних ризиків.

Розроблені детерміновані моделі дозволять доповнити базу сценаріїв розвитку польотних ситуацій в системі підтримки прийняття рішення пілота/диспетчера в ОВП для оптимізації консолідованого прийняття рішень (CDM) та можуть бути використані в подальшому як в процесі тренажерної підготовки операторів аеронавігаційної системи, так і в

реальних умовах експлуатації ПС на основі використання концепцій SWIM та FF-ICE.

Проектування та розрахунок сценаріїв розвитку польотних ситуацій, прогнозування можливих дій

людини-оператора у разі виникнення позаштатної ситуації дозволить своєчасно попереджати негативний розвиток аварійної ситуації до катастрофічної.

Список літератури

1. Human Factors in Aviation. First Edition. / Eds. M. Friedman, E. Carterette, E. Wiener, D. Nagel. – USA, Cambridge, Massachusetts: Academic Press, 2014. – 684 p.
2. Human Factors Guidelines for Safety Audits Manual. Doc. 9806-AN/763. First Edition. – Canada, Montreal: ICAO, 2002. – 138 p.
3. Cross-Cultural Factors in Aviation Safety. Human Factors Digest № 16. Circ. 302-AN/175. – Canada, Montreal: ICAO, 2004. – 52 p.
4. Global Performance of the Air Navigation System. Doc. 9883. First Edition. – Canada, Montreal: ICAO, 2009. – 176 p.
5. Safety Management Manual (SMM). Doc. 9859-AN 474. Third Edition. – Canada, Montreal: ICAO, 2013. – 300 p.
6. Manual on Collaborative Decision-Making (CDM). Doc. 9971. Second Edition. – Canada, Montreal: ICAO, 2014. – 166 p.
7. Manual on Flight and Flow Information for a Collaborative Environment (FF-ICE). Doc. 9965. First Edition. – Canada, Montreal: ICAO, 2012. – 140 p.
8. Global Air Traffic Management Operational Concept. Doc. 9854. First Edition. – Canada, Montreal: ICAO, 2005. – 82 p.
9. The official site of Aviation Safety Network. ASN Wikibase. Access mode: <https://aviation-safety.net/wikibase/>.
10. Наставление по производству полетов в гражданской авиации СССР (с изменениями и дополнениями). – М.: Воздушный транспорт, 1985. – 262 с.
11. Air Traffic Management. Doc. 4444-RAC/501. Fifteenth Edition. – Canada, Montreal: ICAO, 2007. – 425 p.
12. Головин С.М. Подготовка пилотов и диспетчеров в виртуальной среде пилотирования и управления воздушным движением [Электронный ресурс] / С.М. Головин. Загружена 09.06.2016. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/303859941_Aviation_Training_Pilots_Air_Traffic_Controller.
13. Харченко В.П. Прийняття рішень в соціотехнічних системах: монографія / В.П. Харченко, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда. – К.: Національний авіаційний університет, 2016. – 308 с.
14. Shmelova T. Models of Decision-Making Operators of Socio-Technical System: Chapter 2 / T. Shmelova, Yu. Sikirda // Socio-Technical Decision Support in Air Navigation Systems: Emerging Research and Opportunities: manuscript / Eds. T. Shmelova, Yu. Sikirda, N. Rizun, A.-B.M. Salem, Yu. Kovalyov. – Hershey, USA: IGI Global, 2018. – P. 21-48. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-3108-1.ch002>.
15. Muñoz-Marrón D. Human Factors in Aviation: CRM (Crew Resource Management) / D. Muñoz-Marrón // Papeles del Psicólogo / Psychologist Papers. – 2018. – Vol. 39(3). – P. 191-199. <https://doi.org/10.23923/pap.psicol2018.2870>.
16. Inan T.T. The Evolution of Crew Resource Management Concept in Civil Aviation / T.T. Inan // Journal of Aviation. – 2018. – Vol. 2 (1). – P. 45-55. <https://doi.org/10.30518/jav.409931>.
17. Малишевский А.В. Совершенствование управления и планирования в сфере воздушного транспорта методами соционической селекции авиационного персонала / А.В. Малишевский // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. Сер. Аэронавтика и прочность. – 2010. – № 1(151). – С. 150-157.
18. Sikirda Yu. Socionics and Sociometry Diagnosting of Air Navigation System's Operator: Chapter 4 / Yu. Sikirda, T. Shmelova // Socio-Technical Decision Support in Air Navigation Systems: Emerging Research and Opportunities: manuscript / Eds. T. Shmelova, Yu. Sikirda, N. Rizun, A.-B. M. Salem, Yu. Kovalyov. – Hershey, USA: IGI Global, 2018. – P. 70-90. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-3108-1.ch004>.
19. Blutner R. Two Qubits for C.G. Jung's Theory of Personality. Cognitive Systems Research / R. Blutner, E. Hochnadel. – 2010. – Vol. 11. – P. 243-259.
20. Cillessen A.S.N. Sociometric Methods / A.S.N. Cillessen // Handbook of Peer Interactions, Relationships, and Group / Eds. K.H. Rubin, W.M. Bukovski, B. Laursen. – London: The Guilford Press, 2009. – P. 82-98.
21. Global Air Navigation Plan 2016-2030. Doc. 9750. Fifth Edition. – Canada, Montreal: ICAO, 2016. – 142 p.
22. ATM Training Progression and Concepts. – Brussels, Belgium: European Organization for the Safety of Air Navigation, 2004. – 56 p.
23. Aviation Instructor's Handbook. – USA: U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, 2008. – 228 p.
24. Guidelines for Controller Training in the Handling of Unusual/Emergency Situations. Second Edition. – Brussels, Belgium: European Organization for the Safety of Air Navigation, 2003. – 50 p.
25. Шмельова Т.Ф. Детерміновані моделі дій екіпажу повітряного судна у разі виникнення особливого випадку у польоті / Т.Ф. Шмельова, В.В. Шишаков, О.В. Шостак // Наука і техніка Повітряних сил Збройних сил України. – 2015. – № 2(19). – С. 33-37.
26. Шмельова Т.Ф. Системний аналіз внутрішньосистемних і зовнішньосистемних факторів діяльності недетермінованої підсистеми “екіпаж-повітряне судно” / Т.Ф. Шмельова, В.В. Шишаков // Вісник Інженерної академії України. – 2016. – №4. – С. 48-54.
27. Decision Making for Single-Pilot Helicopter Operations. – Koln, Germany: EASA, European Helicopter Safety Team, 2012. – 19 p.
28. Final Investigation Report. Accident of Sunway Air Carrier (Georgia) IL-76TD Aircraft REG # 4L-GNI at Karachi, Pakistan on 27th November, 2010. Access mode: https://reports.aviation-safety.net/2010/20101128-0_IL76_4L-GNI.pdf.

References

1. Friedman, M., Carterette, E., Wiener, E. and Nagel, D. (2014), *Human Factors in Aviation*, 1st ed., Academic Press, Cambridge, Massachusetts, USA, 684 p.
2. ICAO (2002), *Human Factors Guidelines for Safety Audits Manual*, Doc. 9806-AN/763, 1st ed., Montreal, Canada, 138 p.
3. ICAO (2004), *Cross-Cultural Factors in Aviation Safety*, Human Factors Digest № 16, Circ. 302-AN/175, Montreal, Canada, 52 p.
4. ICAO (2009), *Global Performance of the Air Navigation System*, Doc. 9883, 1st ed., Montreal, Canada, 176 p.
5. ICAO (2013), *Safety Management Manual (SMM)*, Doc. 9859-AN 474, 3rd ed., Montreal, Canada, 300 p.
6. ICAO (2014), *Manual on Collaborative Decision-Making (CDM)*, Doc. 9971, 2nd ed., Montreal, Canada, 166 p.
7. ICAO (2012), *Manual on Flight and Flow Information for a Collaborative Environment (FF-ICE)*, Doc. 9965, 1st ed., Montreal, Canada, 140 p.
8. ICAO (2005), *Global Air Traffic Management Operational Concept*, Doc. 9854, 1st ed., Montreal, Canada, 82 p.
9. The official site of Aviation Safety Network (2018), *ASN Wikibase*, available at: www.aviation-safety.net/wikibase/ (accessed 10 September 2018).
10. Air Transport (1985), "Nastavlenie po proizvodstvu poletov v grazhdanskoj aviatsii SSSR (s izmeneniyami i dopolneniyami)" [*Manual on the production of flights in the civil aviation of the USSR (with changes and additions)*], Moscow, 262 p.
11. ICAO (2007), *Air Traffic Management*, Doc. 4444-RAC/501, 15th ed., Montreal, Canada, 425 p.
12. Golovnin, S.M. (2016), "Podgotovka pilotov i dispatcherov v virtualnoy srede pilotirovaniya i upravleniya vozдушnymy dvizheniyem" [*Training pilots and controllers in the virtual environment of piloting and air traffic control*], available at: www.researchgate.net/publication/303859941_Aviation_Training_Pilots_Air_Traffic_Controller (accessed 8 September 2018).
13. Kharchenko, V.P., Shmelova, T.F. and Sikirda, Yu.V. (2016), "Pryjnyattya rishen v sociotekhnichnykh systemakh: monografiya" [*Decision-making in sociotechnical systems: monograph*], Natsionalnyi Aviatsiynyi Universytet, Kyiv, 308 p.
14. Shmelova, T. and Sikirda, Yu. (2018), Models of Decision-Making Operators of Socio-Technical System: Chapter 2, *Socio-Technical Decision Support in Air Navigation Systems: Emerging Research and Opportunities: manuscript*, IGI Global, Hershey, USA, pp. 21-48. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-3108-1.ch002>.
15. Muñoz-Marrón, D. (2018), Human Factors in Aviation: CRM (Crew Resource Management), *Papeles del Psicólogo / Psychologist Papers*, Vol. 39(3), pp. 191-199. <https://doi.org/10.23923/pap.psicol2018.2870>.
16. Inan, T.T. (2018), The Evolution of Crew Resource Management Concept in Civil Aviation, *Journal of Aviation*, Vol. 2 (1), pp. 45-55. <https://doi.org/10.30518/jav.409931>.
17. Malyshevskiy, A.V. (2010), "Sovershenstvovanie upravleniya i planirovaniya v sfere vozdušnogo transporta metodami sotsionicheskoy selektsii aviatsionnogo personala" [*Improving the management and planning in the field of air transport by means of socionic selection of aviation personnel*], *Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation*, No. 1(151), pp. 150-157.
18. Sikirda, Yu. and Shmelova, T. (2018), Socionics and Sociometry Diagnosing of Air Navigation System's Operator: Chapter 4, *Socio-Technical Decision Support in Air Navigation Systems: Emerging Research and Opportunities: manuscript*, IGI Global, Hershey, USA, pp. 70-90. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-3108-1.ch004>.
19. Blutner, R. and Hochnadel, E. (2010), Two Qubits for C.G. Jung's Theory of Personality, *Cognitive Systems Research*, Vol. 11, pp. 243-259.
20. Cillessen, A.S.N. (2009), Sociometric Methods, *Handbook of Peer Interactions, Relationships, and Group*, The Guilford Press, London, pp. 82-98.
21. ICAO (2016), *Global Air Navigation Plan 2016-2030*, Doc. 9750, 5th ed., Montreal, Canada, 142 p.
22. European Organization for the Safety of Air Navigation (2004), *ATM Training Progression and Concepts*, Brussels, Belgium, 56 p.
23. Federal Aviation Administration (2008), *Aviation Instructor's Handbook*, U.S. Department of Transportation, USA, 228 p.
24. European Organization for the Safety of Air Navigation (2003), *Guidelines for Controller Training in the Handling of Unusual/Emergency Situations*, 2nd ed., Brussels, Belgium, 50 p.
25. Shmelova, T.F., Shyshakov, V.V. and Shostak, O.V. (2015), "Determinovani modeli dij ekipazhu povitryanogo sudna u razi vy`ny`knennya osobly`vogo vy`padku u pol`oti" [*Deterministic models of the operations of the aircraft crew in the case of unusual situation in flight*], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 2(19), pp. 33-37.
26. Shmelova, T.F. and Shyshakov, V.V. (2016), "Sy`stemny`j analiz vnutrishn`osy`stemny`kh i zovnishn`osy`stemny`kh faktoriv diyal`nosti nedeterminovanoyi pidsy`stemy` "ekipazh-povitryane sudno"" [*System analysis of internal system and external system factors of the non-deterministic subsystem "crew-aircraft"*], *Bulletin of the Engineering Academy of Ukraine*, No. 4, pp. 48-54.
27. EASA (2012), *Decision Making for Single-Pilot Helicopter Operations*, European Helicopter Safety Team, Koln, Germany, 19 p.
28. The official site of Aviation Safety Network (2010), *Final Investigation Report. Accident of Sunway Air Carrier (Georgia) IL-76TD Aircraft REG # 4L-GNI at Karachi, Pakistan on 27th November, 2010*, available at: www.reports.aviation-safety.net/2010/20101128-0_IL76_4L-GNI.pdf (accessed 12 July 2018).

Надійшла до редколегії 4.01.2019
Схвалена до друку 17.01.2019

Відомості про авторів:**Касаткін Микола Володимирович**

начальник навчально-тренувального комплексу факультету перепідготовки та підвищення кваліфікації авіаційного персоналу Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Миколаїв, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-2501-1756>

Сікірда Юлія Володимирівна

кандидат технічних наук доцент
 доцент Льотної академії
 Національного авіаційного університету,
 Кропивницький, Україна
<http://orcid.org/0000-0002-7303-0441>

Шмелева Тетяна Федорівна

доктор технічних наук доцент
 професор Національного авіаційного університету,
 Київ, Україна
<http://orcid.org/0000-0002-9737-6906>

Гризодуб Павло Валерійович

викладач голова циклової комісії
 ВСП НАУ Слов'янського коледжу
 Національного авіаційного університету,
 Слов'янськ, Україна
<http://orcid.org/0000-0002-3439-3960>

Information about the authors:**Mykola Kasatkin**

Head of Simulator Department of Faculty of Aviation Personnel Retraining and Advanced Training of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Mukolaiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-2501-1756>

Yuliya Sikirda

Candidate of Technical Sciences Associated Professor Senior Lecturer of Flight Academy of the National Aviation University, Kropyvnytskyi, Ukraine
<http://orcid.org/0000-0002-7303-0441>

Tetiana Shmelova

Doctor of Technical Sciences Associated Professor Professor of National Aviation University, Kyiv, Ukraine
<http://orcid.org/0000-0002-9737-6906>

Pavel Gryzodub

Instructor Head of the Cycle Commission VSP NAU Slavyansk college of National Aviation University, Slavyansk, Ukraine
<http://orcid.org/0000-0002-3439-3960>

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНСОЛИДИРОВАННОГО ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ЭКИПАЖЕМ И ДИСПЕТЧЕРОМ В ОСОБЫХ СЛУЧАЯХ В ПОЛЕТЕ

Н.В. Касаткин, Ю.В. Сикирда, Т.Ф. Шмелева, П.В. Гризодуб

Представлена эволюция моделей человеческого фактора в авиации с 1972 года до настоящего времени, подчеркнута актуальность на современном этапе развития авиационной социотехнической системы проблемы организации консолидированного принятия решений всеми операционными партнерами. Формализована внештатная полетная ситуация, которая возникает на борту воздушного судна при отказе одного двигателя и пожара другого с одной стороны во время взлета. Проведен сетевой анализ развития особого случая в полете, получены детерминированные модели принятия решений операторами аэронавигационной системы, синхронизировано действия экипажа воздушного судна и диспетчера во время парирования аварийной ситуации в полете. Определен оптимальный вариант развития событий при возникновении внештатной полетной ситуации по критерию минимизации времени завершения полета.

Ключевые слова: сетевой график, оптимальное взаимодействие, синхронизация, совместное принятие решений, структурно-временная таблица, сценарий развития события.

MODELING OF FLIGHT CREW AND AIR TRAFFIC CONTROLLER COLLABORATIVE DECISION MAKING DURING EMERGENCY CASES IN FLIGHT

M. Kasatkin, Yu. Sikirda, T. Shmelova, P. Gryzodub

The evolution of the human factor models in aviation from 1972 to the present time is presented. The importance of the organization of collaborative decision-making by all operational partners at the current stage of the development of the aviation sociotechnical system is underlined. The emergency situation that arises on aircraft board when one engine fails and other engine fires on the same side during the take-off is formalized. Three possible scenarios for the events development were investigated on the basis of the flight simulator KTS-32 (aircraft IL-76TD). A network analysis of the development of emergency case in flight was carried out, deterministic decision-making models of air navigation system operators were obtained, and the actions of flight crew and air traffic controller were synchronized during parrying the emergency case in flight. The optimal variant of events development in emergency case in flight according to the criterion of minimizing the time of flight completion has been determined. The proposed models will complement the database of flight scenarios development in the decision support system and can be used in the training process of the air navigation system operators and in the real operating conditions. The use of flight simulators in the process of air traffic controller professional training is relevant. The air traffic controller is advised to use emergency checklist that can help deal with incidents in order to establish optimal actions to achieve better cooperation with pilot during emergency situation.

Keywords: network diagram, optimal interaction, emergency case in flight, synchronization, collaborative decision making, system wide information management, flight and flow information for a collaborative environment, structurally-timely table, incident scenario.