

УДК 629.7.073

Т.Ф. Шмельова<sup>1</sup>, В.В. Шишаков<sup>2</sup>, О.В. Шостак<sup>1</sup><sup>1</sup> Національний авіаційний університет, Київ<sup>2</sup> ТОВ “Харківський авіаційний сільськогосподарський комплекс”, Харків

## ДЕТЕРМІНОВАНІ МОДЕЛІ ДІЙ ЕКІПАЖУ ПОВІТРЯНОГО СУДНА У РАЗІ ВИНИКНЕННЯ ОСОБЛИВОГО ВИПАДКУ У ПОЛЬОТІ

*Формалізовано особливу ситуацію, яка виникає на борту повітряного судна у разі виникнення проблем з електропостачанням в польоті. Проведено мережевий аналіз особливого випадку в польоті і отримано детерміновані моделі прийняття рішень. Визначений критичний час на парировання аварійної ситуації в польоті.*

**Ключові слова:** безпека польотів, особливий випадок в польоті, проблеми з електропостачанням, мережевий аналіз аварійної ситуації в польоті.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Як показує статистика ІСАО, близько 20..30 % [1] усіх авіаційних подій (АП) виникає із-за відмов і несправностей авіаційної техніки (АТ). Цей показник може відхилятися від вказаних значень залежно від типу повітряного судна (ПС), його нальоту і часу експлуатації, рівня підготовки авіаційного персоналу і т.д. Низька безвідмовність АТ, що закладена при проектуванні і виробництві, недостатнє опрацювання питань безпеки польотів (БЗП) при проектуванні важко компенсуються в експлуатації високою якістю технічного обслуговування АТ, підготовкою екіпажів до дій при виникненні відмов у польоті, а також створенням найдосконалішої системи організації і керівництва польотами.

Проблема забезпечення безвідмовності в роботі виробів АТ стала особливо актуальною в теперішній час внаслідок ускладнення конструкції ПС і їх систем, що складаються з великого числа елементів, блоків і вузлів, збільшення числа функцій, що ними виконуються і підвищення напруги режимів їх роботи. Аналіз різних факторів, що впливають на безвідмовність АТ, показує, що відмови і несправності агрегатів і систем ПС в цілому виникають із-за наявності конструктивних і виробничих недоліків, малого об'єму випробувань після виготовлення, незадовільною контролепридатністю повітряних суден, а також недостатності контролю їх технічного стану в процесі обслуговування і перед польотом.

У процесі експлуатації АТ у випадкові моменти часу працездатний стан її систем і агрегатів може порушуватись, тобто виникають відмови і несправності виробів АТ. За даними ІСАО велика частина відмов і несправностей (98...99 % [2]) виявляється і усувається на землі в процесі технічного обслуговування інженерно-технічним складом, деяка частина (близько 1...2 % [2]) виявляється в повітрі і локалізується своєчасними і правильними діями екіпажа і тільки близько 0,01 % [2, 3] призводить до АП.

Відповідальність за ліквідацію особливого випадку в польоті (ОВП) покладено на екіпаж повітряного судна, який безпосередньо підпорядковується командирі повітряного судна (КПС). На КПС, в свою чергу, покладена відповідальність за своєчасне та оптимальне прийняття рішення. Тому в теперішній час в системі “Екіпаж – ПС” лишається актуальним розробка технологій та навчання роботи людини-оператора (Л-О) в умовах розвитку ОВП, враховуючи процес безпосереднього управління ПС [4].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, проблемі підтримки різних видів операторської діяльності під час ПР, прогнозування та своєчасної видачі рекомендацій Л-О складної системи особливо в екстремальних ситуаціях присвячено широке коло наукових праць.

На теперішній час, актуальним завданням визначено моделювання розвитку позаштатних польотних ситуацій, що характеризуються високим рівнем неповноти і невизначеності наявної інформації.

Проблемою моделювання процесів, що відбуваються в авіаційній транспортній системі, тривалий час займаються Санкт-Петербурзький державний університет цивільної авіації (Г.А. Крижановський) [5, 6] і Національний авіаційний університет, м. Київ (А.Є. Литвиненко) [7], В.П. Харченко [8]. Дослідженням механізмів розвитку позаштатних польотних ситуацій присвячені праці С.Р. Маханова, В.Є. Чепіги [9], В.Г. Ширшова [10], С.С. Граськіна і П.Є. Дубовика [11]. У [12] надано фрагмент мережевого графіка, що описує роботу екіпажу ПС від моменту відмови двигуна на зльоті до видачі командиром ПС команди про продовження чи припинення зльоту. Елементи системи “Екіпаж – ПС” у певні проміжки часу є нормативно визначеними в керівництвах з льотної експлуатації літаків, зокрема, Як-40, інструкціями та експертними оцінками. Розглядалися такі позаштатні польотні ситуації, які мають тенденцію до розвитку в аварійні чи катастрофічні.

Метою цих досліджень [13 – 15] є підвищення БЗП шляхом розробки моделей ПР Л-О та розвитку позаштатних польотних ситуацій, що дозволяє авіаційному оператору оперативно приймати рішення щодо вибору оптимальної альтернативи дій в умовах неповноти і невизначеності інформації та вибору оптимальної дії, що приводить до мінімального збитку.

**Метою роботи є:** Проведення аналізу дій екіпажу ПС (Pilot Flying, Pilot Monitoring) у разі виникнення ОВП (проблеми з електропостачанням ПС) методами мережевого планування.

## Виклад основного матеріалу

Особливий випадок у польоті – ситуація, яка виникає в результаті раптової відмови авіаційної техніки або попадання ПС в умови, що вимагають від екіпажу дій, які відрізняються від звичайного пілотування ПС. Одним з ОВП є відмова генераторів електропостачання.

При виникненні проблем в системі електропостачання (відмові генераторів) в польоті призводить до великої витрати енергії бортових акумуляторних батарей, що в свою чергу може визвати: відмову навігаційного обладнання, відмову радіоз'в'язку, обмеження підтверджень дозволів та вказівок від органів обслуговування повітряного руху (ОПР), можливу розгерметизацію ПС та можливу відмову двигуна. Обмеження у роботі приладів та систем спричиняють високе робоче та психологічне навантаження на екіпаж ПС. В даних умовах ситуація вимагає діяти таким чином:

- посадка повинна відбутися протягом 20...30 хв., так як акумуляторні батареї не будуть більше заряджатися та приблизно через 30 хв. усе радіоелектронне обладнання (РЕО) перестане працювати; необхідно економити електроенергію, але відмова генератора не впливає на роботу двигуна;

- уся важлива інформація (кількість пасажирів, залишок палива та інше.) повинна бути отримана фахівцями ОПР своєчасно; диспетчер забезпечує радіолокаційне наведення, враховуючи відмову курсової системи для виведення ПС на аеродром (а/д) посадки та/або перехід на візуальні метеоумови;

- можлива посадкова конфігурація ПС з відхиленням від норми; необхідно здійснювати моніторинг курсів та висот, оскільки вони можуть відрізнятися від показників приладів ПС, які використовуються екіпажем;

- у випадку вимушеної посадки поза а/д використовується доповідь від інших ПС, які спостерігають аварійне ПС, для отримання додаткової інформації.

Технологія роботи авіаційного спеціаліста (пілота, диспетчера) відповідає чіткому алгоритму дій, що прописані у нормативних та регламентуючих документах [16 – 19], тому для моделювання дій

авіаспеціаліста, наприклад, в ОВП, можна застосувати детерміновані моделі. Оскільки ОВП – це не одномоментна подія, а подія, що розвивається в часі, то для моделювання прийняття рішень (ПР) Л-О відповідно до алгоритму дій у разі виникнення ОВП доцільно користуватися мережевими графіками. Мережеве планування – визначення оптимальної послідовності виконання операцій.

Мережевий графік виконання операційних процедур (дій) оператором АНС у разі виникнення аварійних чи непередбачуваних операцій – це орієнтований граф без контурів, який має вузли і дуги. Вузли графу відповідають події на початку (наприкінці) операційної процедури (дії) авіадиспетчера (пілота, членів екіпажу ПС), наприклад, у разі виникнення ОВП. Дуги інтерпретують суть операційних процедур (дій) відповідно до технології (інструкції, керівництва з льотної експлуатації цього типу ПС).

Розроблено методику побудови детермінованих моделей за допомогою мережевого планування [20]. Формалізація дій Л-О (пілота, диспетчера) в ОВП за допомогою апарату мережевого планування і управління дозволяє визначити:

- оптимальну послідовність операційних процедур (дій) Л-О в разі виникнення ОВП;
- критичний (оптимальний) час виконання операційних процедур (дій) Л-О на парюванні ОВП;
- максимальний (мінімальний) час виконання операційних процедур (дій) Л-О в разі виникнення ОВП;
- резерви часу для парювання ОВП тощо.

Методи мережевого планування та способи побудови мережевого графіка кружок – подія, дуга – робота наведено в працях [21-24].

Дослідження математичних моделей операційних процедур (дій) Л-О в разі виникнення ОВП проведемо за допомогою алгоритму розрахунку мережевого графіка. Так як всі дії Л-О в аеронавігаційній системі (АНС) суворо регламентовані відповідними нормативами – Керівництвом з льотної експлуатації, технологією роботи диспетчера. Моделювання ПР пілотом та побудова детермінованої моделі у вигляді мережевого графіка здійснюються відповідно до технології дій фахівця з обслуговування повітряного руху з використанням принципів ASSIST (Acknowledge, Separate, Silence, Inform, Support, Time) [20] за “Типовими картами дій фахівців ОПР в аварійних та непередбачуваних ситуаціях” [20]. В результаті проведених досліджень процесів ПР Л-О в нестандартних умовах розроблено моделі ПР Л-О при виникненні ОВП у разі відмови генераторів для диспетчера [10].

Розглянемо технологію роботи екіпажу ПС згідно [25, 26] та опишемо процедури, які повинен виконати екіпаж ПС при виникненні ОВП у разі відмови генераторів. Як правило, сучасні ПС пілотуються

двома пілотами (командиром і другим пілотом). При виникненні ОВП, коли навантаження на пілотів збільшується, один виконує дії по пілотуванню ПС – Pilot Flying (PF), другий виконує комунікаційні функції – Pilot Monitoring (PM). Такий підхід полягає в

зменшенні наслідків будь-яких помилок через «crossmonitoring» (перехресний моніторинг) між членами екіпажу ПК [27]. Представимо дії PF и PM Boeing-737 у вигляді табл. 1 (BCY – вбудована силова установка; БАНВ – бортові аеронавігаційні вогні).

Таблиця 1

## Процедури (дії) екіпажу ПС у разі виникнення ОВП – відмова обох генераторів

Етап	Код дії	Дії Pilot Flying	Спирається на дію	Час, с	Код дії	Дії Pilot Monitoring	Спирається на дію	Час, с
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	A <sub>1</sub>	виявлення відмови обох генераторів	-	5	B <sub>1</sub>	виявлення відмови обох генераторів	-	5
	A <sub>2</sub>	зачитує назву аварійних табло, що висвітилися: TRANSFER BUS OFF, BUS OFF та GEN OFF BUS	A <sub>1</sub>	5	B <sub>2</sub>	продовжує контролювати роботу бортових систем заслуховує PF	B <sub>1</sub>	5
	A <sub>3</sub>	видача команди “Зачитати відповідний checklist”	A <sub>2</sub>	2	B <sub>3</sub>	відшукує та починає зачитувати відповідний checklist	B <sub>2</sub> (A <sub>3n</sub> )	25
	A <sub>4</sub>	керування ПС (пілотування)	A <sub>3</sub>	35	B <sub>4</sub>	зачитує процедуру: вимикач BUS TRANSFER встановити в положення OFF (вимкнуто) та береться рукою за вимикач	B <sub>3</sub>	10
	A <sub>5</sub>	перевіряє дії PM і командує “Check”	A <sub>4</sub> (B <sub>5n</sub> )	2	B <sub>5</sub>	тримає вимикач	B <sub>4</sub>	2
	A <sub>6</sub>	керування ПС (пілотування)	A <sub>5</sub>		B <sub>6</sub>	встановлює вимикач BUS TRANSFER в положення OFF	B <sub>5</sub> (A <sub>5</sub> )	1
	A <sub>7</sub>	керування ПС (пілотування)	A <sub>6</sub>		B <sub>7</sub>	зачитує процедуру: вимикач ELECTRIC HYDRAULIC PUMP встановити в положення OFF та береться рукою за вимикач	B <sub>6</sub>	10
	A <sub>8</sub>	перевіряє дії PM і командує “Check”	A <sub>7</sub> (B <sub>8n</sub> )	2	B <sub>8</sub>	тримає вимикач	B <sub>7</sub>	2
	A <sub>9</sub>	керування ПС (пілотування)	A <sub>8</sub>		B <sub>9</sub>	встановлює вимикач ELECTRIC HYDRAULIC PUMP в положення OFF	B <sub>8</sub> (A <sub>8</sub> )	1
	A <sub>10</sub>	керування ПС (пілотування)	A <sub>9</sub>		B <sub>10</sub>	зачитує процедуру: вимикач ENGINE No. 2 GENERATOR встановити в положення ON (ввімкнуто) та береться рукою за вимикач	B <sub>9</sub>	10
	A <sub>11</sub>	перевіряє дії PM і командує “Check”	A <sub>10</sub> (B <sub>11n</sub> )	2	B <sub>11</sub>	тримає вимикач	B <sub>10</sub>	2
	A <sub>12</sub>	керування ПС (пілотування)	A <sub>11</sub>		B <sub>12</sub>	встановлює вимикач ENGINE No. 2 GENERATOR в положення ON	B <sub>11</sub> (A <sub>11</sub> )	1
	A <sub>13</sub>	керування ПС (пілотування)	A <sub>12</sub>		B <sub>13</sub>	зачитує процедуру: вимикач ENGINE No. 1 GENERATOR встановити в положення ON (ввімкнуто) та береться рукою за вимикач	B <sub>12</sub>	10
	A <sub>14</sub>	перевіряє дії PM і командує “Check”	A <sub>13</sub> (B <sub>14n</sub> )	2	B <sub>14</sub>	тримає вимикач	B <sub>13</sub>	2
	A <sub>15</sub>	керування ПС (пілотування)	A <sub>14</sub>		B <sub>15</sub>	встановлює вимикач ENGINE No. 1 GENERATOR в положення ON	B <sub>14</sub> (A <sub>14</sub> )	1
2	A <sub>16</sub>	перевіряє, чи згасло одне або обидва табло BUS OFF (ШИНА ВИМКН.)	A <sub>15</sub>	2	B <sub>16</sub>	перевіряє, чи згасло одне або обидва табло BUS OFF (ШИНА ВИМКН.)	B <sub>15</sub>	2
	A <sub>17</sub>	керування ПС (пілотування)	A <sub>15</sub>		B <sub>17</sub>	якщо табло світиться, зачитує процедуру: запустити APU (BCY) та підключити живлення на борт	B <sub>16</sub>	2
	A <sub>18</sub>	керування ПС (пілотування) і перевіряє дії PM	A <sub>15</sub>		B <sub>18</sub>	запускає APU (BCY) та підключає живлення на борт	B <sub>17</sub>	60
	A <sub>19</sub>	керування ПС (пілотування)	A <sub>15</sub>		B <sub>19</sub>	якщо одне або обидва табло BUS OFF згасло: зачитує процедуру: перемикач BUS TRANSFER перевести в положення AUTO	B <sub>16</sub>	10
	A <sub>20</sub>	перевіряє, чи згасло одне або обидва табло BUS OFF	A <sub>15</sub>	2	B <sub>20</sub>	перевіряє, чи згасло одне або обидва табло BUS OFF та береться рукою за перемикач	B <sub>19</sub>	2
	A <sub>21</sub>	перевіряє дії PM і командує “Check”	A <sub>20</sub> (B <sub>21n</sub> )	2	B <sub>21</sub>	тримає вимикач	B <sub>20</sub>	2
	A <sub>22</sub>	керування ПС (пілотування)	A <sub>21</sub>		B <sub>22</sub>	встановлює вимикач BUS TRANSFER в положення AUTO	B <sub>21</sub> (A <sub>21</sub> )	1
	A <sub>23</sub>	керування ПС (пілотування)	A <sub>22</sub>		B <sub>23</sub>	зачитує процедуру: вимикач ELECTRIC HYDRAULIC PUMP встановити в положення ON (ввімкнуто) та береться рукою за вимикач	B <sub>22</sub>	10
	A <sub>24</sub>	перевіряє дії PM і командує “Check”	A <sub>23</sub> (B <sub>24n</sub> )	2	B <sub>24</sub>	тримає вимикач	B <sub>23</sub>	2
	A <sub>25</sub>	керування ПС (пілотування)	A <sub>24</sub>		B <sub>25</sub>	встановлює вимикач ELECTRIC HYDRAULIC PUMP в положення ON	B <sub>24</sub> (A <sub>24</sub> )	1
3	A <sub>26</sub>	керування ПС (пілотування)	A <sub>25</sub>		B <sub>26</sub>	якщо обидва основних прибори, що показують просторове положення ПС не працюють: зачитує процедуру: встановити перемикач IRS MODE SELECTOR (режим ИКВ) в положення АТТ та береться рукою за перемикач	B <sub>25</sub>	4
	A <sub>27</sub>	перевіряє дії PM і командує “Check”	A <sub>26</sub> (B <sub>27n</sub> )	2	B <sub>27</sub>	тримає перемикач	B <sub>26</sub>	2
	A <sub>28</sub>	перевіряє дії PM, витримує горизонтальний політ та постійну швидкість до відновлення показників просторового положення (приблизно 30 секунд)	A <sub>27</sub>	30	B <sub>28</sub>	встановлює перемикач IRS MODE SELECTOR (режим ИКВ) в положення АТТ	B <sub>27</sub> (A <sub>27</sub> )	1

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	A <sub>29</sub>	керування ПС, витримує горизонтальний політ та постійну швидкість до відновлення показників просторового положення	A <sub>28</sub>		B <sub>29</sub>	вводить MAGNETIC HEADING в ручному режимі	B <sub>28</sub>	6
	A <sub>30</sub>	керування ПС (пілотування)	A <sub>29</sub>		B <sub>30</sub>	якщо висвічуються обидва табло BUS OFF зачитує процедуру: встановити перемикач ALL EXTERIOR LIGHTS (усі БАНВ) в положення OFF (вимкнено) та береться рукою за перемикач	B <sub>25</sub>	10
	A <sub>31</sub>	перевіряє дії РМ і командує "Check"	A <sub>30</sub> (B <sub>31и</sub> )	2	B <sub>31</sub>	тримає вимикач	B <sub>30</sub>	2
	A <sub>32</sub>	керування ПС (пілотування)	A <sub>31</sub>		B <sub>32</sub>	встановлює перемикач ALL EXTERIOR LIGHTS (усі БАНВ) в положення OFF (вимкнено)	B <sub>31</sub> (A <sub>31</sub> )	1
	A <sub>33</sub>	перевіряє, чи згасло одне або обидва табло BUS OFF	A <sub>32</sub>	2	B <sub>33</sub>	перевіряє, чи згасло одне або обидва табло BUS OFF	B <sub>32</sub>	2
4	A <sub>34</sub>	передача сигналу PAN PAN PAN, доповідь диспетчеру про відмову генераторів та необхідності виконання посадки на найближньому підходящому аеродромі.	A <sub>33</sub>	15	B <sub>34</sub>	Продовжує контролювати роботу бортових систем	B <sub>33</sub>	

Цілком заряджена батарея забезпечує мінімум 30 хвилин резервного живлення – максимальний час на аварійну посадку ПС.

За допомогою методів мережевого планування побудовано детерміновані моделі ПР Л-О, отримано критичний час виконання робіт Л-О (пілотом) у разі виникнення проблем з електропостачанням (рис. 1).

За допомогою методу експертних оцінок визначено час на виконання окремих процедур.

Визначені:

Критичний шлях – шлях, тривалість якого дорівнює критичному часу виконання операційних процедур (дій) Л-О в разі виникнення ОВП – Lк. Критичний час – мінімальний час, за який викону-

ється весь алгоритм операційних процедур (дій) Л-О в разі виникнення ОВП – Tкр = 113 с.

Підкритичні шляхи – шляхи, в яких повний резерв часу відрізняється не більш ніж на задану величину – Lкр. загальний час.

За допомогою мережевого планування синхронізовані дії Pilot Flying і Pilot Monitoring, в результаті якого визначений час на керування ПС PF у разі дій РМ на етапах парирования ОСП, а саме:

- 1 етап – перевірка аварійних табло, що висвітилися щодо відмови генераторів;
- 2 етап – перевірка електроживлення;
- 3 етап – перевірка навігаційного обладнання;
- 4 етап – аварійна посадка.

Дії РМ {A}

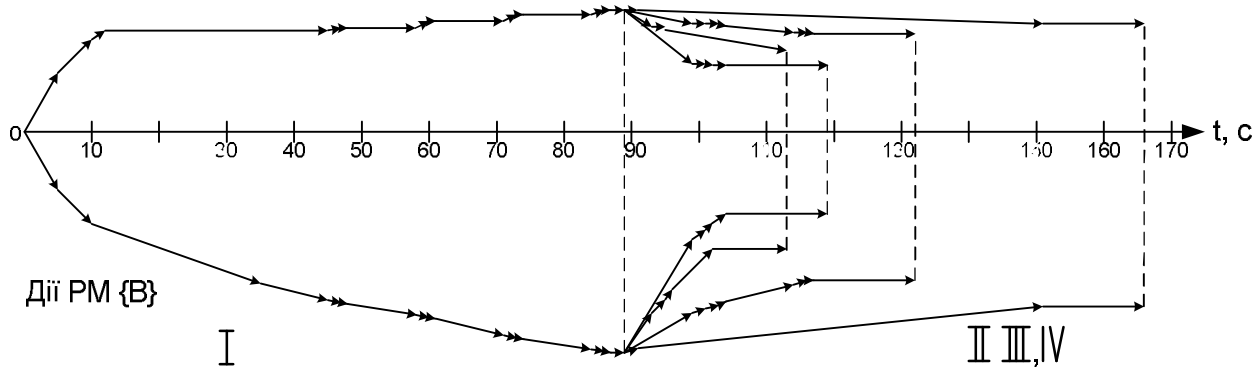


Рис. 1. Фрагмент мережевого графіку виконання процедур РМ і РМ у разі виникнення ОВП - проблем з електропостачанням

### Висновки

Таким чином, формалізація дій Л-О (пілотів РМ і РМ) в ОВП за допомогою апарату мережевого планування і управління дозволяє визначитися з оптимальною послідовністю та часом виконання процедур на парирования ОВП. Розроблено методіку синхронізації операційних процедур пілотів РМ і РМ в умовах перехресного моніторингу у разі виникнення ОВП.

Застосування наданої методіки в системі підтримки прийняття рішень авіаційного оператора при дії в ОВП дасть змогу якісно і кількісно аналізувати позаштатні польотні ситуації з метою підвищення безпеки польотів.

В неочікуваних умовах експлуатації ПС процес упорядкування з розвитком польотної ситуації змінюється і має місце динамічна стохастична задача впорядкування дій людини, що приймає рішення в позаштатних польотних ситуаціях.

## Список літератури

1. Лейченко С.Д. Человеческий фактор в авиации: моногр. в 2-х кн. Кн. 1. / С.Д. Лейченко, А.В. Малишевский, Н.Ф. Михайлик. – Кировоград : КОД, 2006. – 480 с.
2. Прокофьев А.И. Надежность и безопасность полетов / А.И. Прокофьев. – М.: Машиностроение, 1985. – 184 с.
3. Безопасность полетов: Учеб. для вузов / Р.В. Сакач, Б.В. Зубков, М.Ф. Давиденко и др.; под ред. Р.В. Сакача. – М.: Транспорт, 1989. – 239 с. – ISBN 5-277-00379-7.
4. Картамышев П.В. Методика лётного обучения / П.В. Картамышев, М.В. Игнатович, А.И. Оркин. – М.: Транспорт, 1987 – 280 с.
5. Бочкарев В.В. Автоматизированное управление движением авиационного транспорта / В.В. Бочкарев, Г.А. Крыжановский, И.Н. Сухих; под ред. Г.А. Крыжановского. – М.: Транспорт, 1999. – 345 с.
6. Крыжановский Г.А. Введение в прикладную теорию управления воздушным движением / Г.А. Крыжановский. – М.: Машиностроение, 1984. – 368 с.
7. Литвиненко А.Е. Моделирование производственных процессов в автоматизированных системах управления гражданской авиации: учеб. пособие / А.Е. Литвиненко. – К.: КИИГА, 1988. – 72 с.
8. Харченко В.П. Графоаналитичні моделі прийняття рішень людиною-оператором аеронавігаційної системи / В.П. Харченко, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда // Вісник НАУ. - К.: 2011. - №1. - С. 5-17.
9. Маханов С.Р. К проблеме принятия решений экипажем в особой ситуации / С.Р. Маханов, В.Е. Чегиза // Оптимизация летной эксплуатации в ожидаемых условиях и особых ситуациях. – Л.: ОЛАТА, 1988. – Вып. 6. – С. 6-7.
10. Ширишов В.Г. Оцінка ризиків функціонування авіаційної транспортної системи / В.Г. Ширишов // Вісник КМУЦА. – К.: КМУЦА, 1999. – №1. – С. 265-268.
11. Граськин С.С. Имитационные модели безопасности полетов / С.С. Граськин, П.Е. Дубовик // Проблемы безопасности полетов: Обзорная информация. – М.: ВИНТИ, 2001. – Вып. 3. – С. 9-20.
12. Шмельова Т.Ф. Аналіз особливого випадку в польоті за допомогою мережевого графіка / Т.Ф. Шмельова, О. П. Бондар, І. Л. Якуніна // Вісник НАУ. - К.: 2011. - №2. - С. 41-44.
13. Шмельова Т.Ф. Ігровий підхід дослідження невизначеності в конфліктних задачах системи управління повітряним рухом / Т.Ф. Шмельова // Проблеми аеронавігації // 36. наук. пр. – Кировоград: ДЛАУ, 1996. – С. 7-16.
14. Шмельова Т.Ф. Динамічна оцінка якості тренувань оператора авіаційної ергатичної системи за допомогою формалізації ризику / Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда // Наукові праці академії: 36. наук. пр. – Кировоград: ДЛАУ, 2002. – Вып. VI. – Част. 1 – С. 209-215.
15. Беляев Ю.Б. Моделирование процессу прийняття рішень оператором авіаційної ергатичної системи в особливих випадках польоту / Ю.Б. Беляев, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда // Автоматизація виробничих процесів. – 2003. – №2 (17). – С. 17-23.
16. Правила польотів повітряних суден та обслуговування повітряного руху у класифікованому повітряному просторі України: Затв. наказом Мініст. транспорту України від 16.04.2003 р. №293. – К.: МТУ, 2003. – 52 с.
17. Порядок прийняття рішення на виліт та приліт повітряних суден цивільної авіації України за правилами польотів за приладами: наказ Державіаслужби України від 28.04.05 р. №295. – 14 с.
18. Положення про організацію роботи об'єктів обслуговування повітряного руху Украероруху: наказ Украероруху від 12.03.2008 №64 (з поправками №1-№10). – К.: Украерорух, 2008. – 52 с.
19. Наставление по производству полетов в гражданской авиации СССР (НПП-ГА-85): приказ МГА от 08.04.1985 №77. – М.: Воздух. трансп., 1985. – 174 с.
20. Харченко В.П. Прийняття рішень оператором аеронавігаційної системи: монографія / В.П. Харченко, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда. – Кировоград: КЛА НАУ, 2012. – 292 с.
21. Вентцель Е.С. Исследование операций / Е.С. Вентцель. – М.: Советское радио, 1972. – 552 с.
22. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1988. – 208 с.
23. Матрешин Н.П. Математическое программирование / Н.П. Матрешин, В.К. Макеева. – Харьков: Вища шк., 1978. – 160 с.
24. Советов Б.Я. Моделирование систем: учеб. для вузов / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2001. – 343 с.
25. Boeing 737-300-400-500 Operations Manual The Boeing Company.
26. Boeing 737 Flight Manual
27. Кросскультурные факторы и безопасность полетов: сб. матер.по человеческому фактору № 16 / Сігс. ICAO 302-AN/175. – Канада, Монреаль: ICAO, 2004. – 52 с.

Надійшла до редколегії 6.04.2015

Рецензент: д-р тех. наук проф. В.М. Карташов, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.

### ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЕ МОДЕЛИ ДЕЙСТВИЙ ЭКИПАЖА ВОЗДУШНОГО СУДНА В СЛУЧАЕ ОСОБОГО СЛУЧАЯ В ПОЛЕТЕ

Т.Ф. Шмелева, В.В. Шишаков, Е.В. Шостак

Формализовано особую ситуацию, которая возникает на борту воздушного судна в случае возникновения проблем с электроснабжением в полете. Проведено сетевой анализ особого случая в полете и получены детерминированные модели принятия решений. Определено критическое время на парирование аварийной ситуации в полете.

**Ключевые слова:** безопасность полетов, особый случай в полете, проблемы с электроснабжением, сетевой анализ аварийной ситуации в полете.

### DETERMINISTIC MODEL FOR AIRCRAFT IN CASE OF UNUSUAL SITUATION IN FLIGHT

T.F. Shmelova, V.V. Shyshakov, O.V. Shostak

An unusual situation which arises on board the aircraft in case of problems with the electricity in the air had formalized. A network analysis of a special occasion in flight had held and deterministic decision-making mode had received. The critical time to parry an emergency in flight had determined.

**Keywords:** safety; an unusual situation in flight, problems with electricity, network analysis of emergency in flight.