

І. Л. Якуніна, асп., Т. Ф. Шмельова, доц., канд. техн. наук, О. П. Бондар, доц. канд.ф.-м. наук

Державна льотна академія, м. Кіровоград

Мережевий аналіз особливого випадку в польоті

Побудовано мережевий графік дій екіпажу повітряного судна у випадку відмови авіаційного двигуна на зльоті, якщо командир повітряного судна прийняв рішення про продовження зльоту. Знайдено критичний час на парирування даного особливого випадку. Оптимізовано за часом і побудовано мережеві графіки дій екіпажу повітряного судна, направлених на ліквідацію особливого випадку в польоті - відмови двигуна на зльоті.

мережевий графік, критичний час, особливий випадок в польоті, прийняття рішення

Вступ. Формалізація дій людини-оператора (пілота, диспетчера) в особливих випадках польоту за допомогою апарату мережевого планування і управління дозволяє визначитися з оптимальною послідовністю та часом виконання процедур на парирування особливого випадку в польоті.

Застосування мережевих графіків в системі підтримки прийняття рішень авіаційного оператора при дії в особливому випадку в польоті дає змогу якісно і кількісно аналізувати позаштатні польотні ситуації з метою підвищення безпеки польотів.

Аналіз досліджень і публікацій. В [1] розглянуто метод мережевого планування. Детально розглянутий спосіб побудови мережевого графіка "кружок - подія, дуга - робота". Наведено формальний запис завдання мережевого планування. На прикладі показано оптимізацію плану комплексу робіт.

В [2] наведено теоретичні основи прийняття рішень людиною-оператором, запропоновано оцінювати компетентність експертів методами самооцінки та взаємооцінки.

В деяких роботах (напр.[3]) наведено аналіз мережевих графіків на прикладі складних організаційних систем, в основному, з теоретичної точки зору.

Герасимов Б.М. [4], Неділько В.М. [5], Сікірда Ю.В. [6] в своїх роботах розглядали автоматизовані системи з елементами інформаційної підтримки в авіації. Питання автоматизації вирішення складноформалізованих задач розглянуто в роботах Митрофанова В.Г., Соломенцева Ю.М. [7], Поспелова Г.С. [8], Шмельової Т. Ф.[9, 10].

Постановка задачі. Оскільки особливий випадок в польоті це не одномомента подія, а подія, що розвивається в часі, то при побудові її інформаційної моделі доцільно користуватися мережевими графіками. Мережевий графік використовується для визначення і оптимізації критичного часу, необхідного для парирування особливого випадку в польоті – відмова авіаційного двигуна на зльоті. Тому нашою метою є побудувати та оптимізувати мережевий графік дій авіаспеціалістів, спрямованих на парирування особливого випадку в польоті; знайти мінімальний час необхідний для парирування даного особливого випадку і відповідні резерви часу.

Виклад основного матеріалу. Нами було проаналізовано [11] найбільш поширені причини, які приводять до виникнення особливих випадків в польоті, зокрема, і до відмови авіаційного двигуна на зльоті. Серед причин відмови авіаційного двигуна було виділено зіткнення повітряного судна з птахами. За допомогою статистичного аналізу було з'ясовано, в які частини повітряного судна найчастіше

зіткнень птахів з повітряними суднами на різних етапах польоту повітряного судна. І було показано, що найбільшу загрозу повітряному судну птахи складають на етапах зльоту – набору висоти та зниження – посадки. Оскільки виникнення особливого випадку в польоті на етапі зльоту є більш складним випадком, то ми зупинились на дослідженні саме даного особливого випадку.

На основі керівництва з льотної експлуатації літака ми сформулювали у вигляді комплексу робіт дії авіаспеціалістів у випадку відмови двигуна на зльоті на прикладі повітряних суден Як-40 та Ту-134. Для подальшої побудови інформаційної моделі нам потрібно було з'ясувати час, необхідний для парирування особливого випадку в польоті – відмови авіаційного двигуна на зльоті. Вищезазначений час ми визначали двома шляхами: методом експертних оцінок та експериментальним методом. В [11] ми побудували фрагмент мережевого графіка виконання дій авіаспеціалістами на проміжку від виявлення відмови двигуна до прийняття рішення про продовження чи переривання зльоту. Оскільки, в залежності від того, яке рішення прийме командир повітряного судна стосовно продовження/переривання зльоту, перелік дій, які потрібно виконати екіпажу буде суттєво відрізнятись, то нами було побудовано два види мережевих графіків.

Мережевий графік — це орієнтований граф без контурів. Орієнтовані дуги графа інтерпретують статичні стани системи «екіпаж - повітряне судно», котрі у деякі моменти часу відповідають початку або закінченню певних дій екіпажа при переході системи з одного стану в інший. Ці стани описані інструкціями й керівництвами з льотної експлуатації окремо взятих літаків. Весь процес парирування особливого випадку розбивається на окремі етапи. Зміст етапів складається з дій екіпажу, які прописані в керівництві з льотної експлуатації даного типу повітряного судна.

Час переходу системи «екіпаж - повітряне судно» з одного стаціонарного стану в інший можна визначити експериментально в процесі тренажерної підготовки та методом експертних оцінок.

В даній роботі представлено такі мережеві графіки, які відповідають діям екіпажу по парируванню особливого випадку, якщо командир повітряного судна прийняв рішення про продовження зльоту. Для зручності побудови представимо дії екіпажу у вигляді таблиці 1.

На думку експертів, якщо обрати для кожної роботи найбільший час виконання її досвідченими екіпажами, то отримаємо час, необхідний досвідченому льотному екіпажу на парирування особливого випадку в польоті у випадку найгіршого розвитку подій. Цей час можна використовувати як один з критеріїв оцінки якості роботи льотних екіпажів, які тільки починають свою трудову діяльність. Цей час становить 94 с. Пропонуємо цей час вважати еталонним при навчанні курсантів льотних спеціальностей. Мережевий графік, що побудований на основі отриманого часу, представлено на рис. 1. Для зручності позначимо цей мережевий графік літерою А.

Якщо ж час виконання для досвідчених екіпажів кожної з робіт брати середнім, то отримаємо мережевий графік В, представлений на рис. 2, який відображає більш оптимальний комплекс дій екіпажу, направлених на парирування особливого випадку в польоті – відмови двигуна на зльоті, якщо прийнято рішення «продовжити зліт». Графік В оптимальний порівняно з графіком А по часу, оскільки загальний час виконання цього комплексу на 24,5% менший, ніж у першому графіку. Загальний час в цьому випадку становить 71 с.

Таблиця 1 - Дії екіпажу по парируванню відмови двигуна на зльоті (прийнято рішення «продовжити зліт»)

Дії бортмеханіка		Дії командира повітряного судна	
a ₁	виявлення відмови двигуна	b ₁	виявлення відмови двигуна КПС
a ₂	повідомлення КПС про відмову двигуна	b ₂	повідомлення екіпажу про відмову двигуна
a ₃	перевірка правильності виявлення відмови двигуна	b ₃	оцінка швидкості ПС
a ₄	отримання команди «Прибрати шасі»	b ₄	ПР про продовження зльоту
a ₅	прибирання шасі	b ₅	видача команди «Зліт продовжити»
a ₆	повідомлення КПС про прибирання шасі	b ₆	стримування ПС від розвороту в сторону двигуна, що відмовив
a ₇	очікування подальших вказівок КПС	b ₇	витримування напряму польоту
a ₈	отримання команди «Прибрати закрилки»	b ₈	видача команди «Прибрати шасі»
a ₉	прибирання закрилків	b ₉	переведення ПС в набір висоти
a ₁₀	повідомлення КПС про прибирання закрилків	b ₁₀	витримування крену в сторону двигуна, що відмовив
a ₁₁	отримання команди «Зупинити неробочий двигун»	b ₁₁	переведення ПС в горизонтальний політ
a ₁₂	зупинка двигуна, що відмовив	b ₁₂	збільшення швидкості до V ₂ +30 км/год
a ₁₃	контроль роботи приладів	b ₁₃	видача команди «Прибрати закрилки»
		b ₁₄	продовження розгону літака
		b ₁₅	видача команди «Зупинити двигун»
		b ₁₆	доповідь диспетчеру про відмову двигуна
Умовні позначення		КПС – командир повітряного судна ПС – повітряне судно ПР – прийняття рішення	

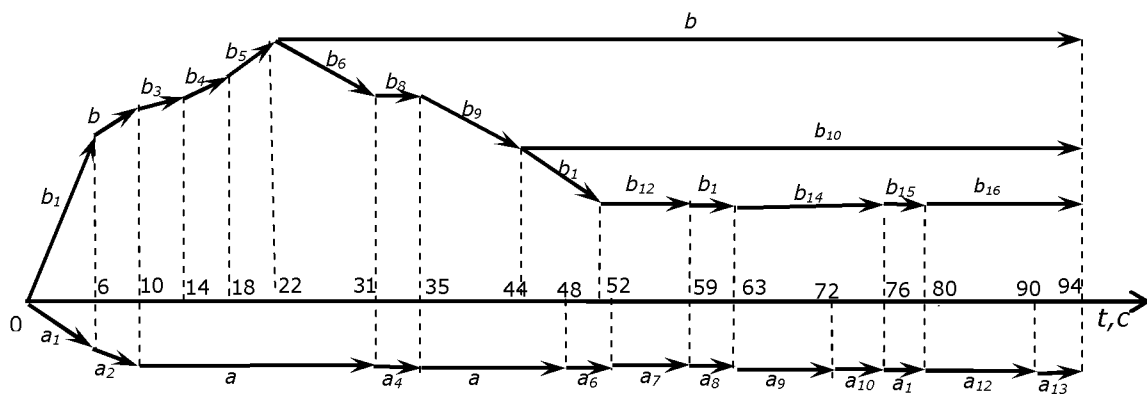


Рисунок 1 - Мережевий графік А дій екіпажу повітряного судна у випадку відмови двигуна на зльоті (прийнято рішення «зліт продовжити»)

У випадку, коли мова йде про оптимальну роботу досвідченого екіпажу, то мінімальний час, необхідний для парирования особливого випадку в польоті, складає не менше 55 с. (рис. 3), на думку експертів.

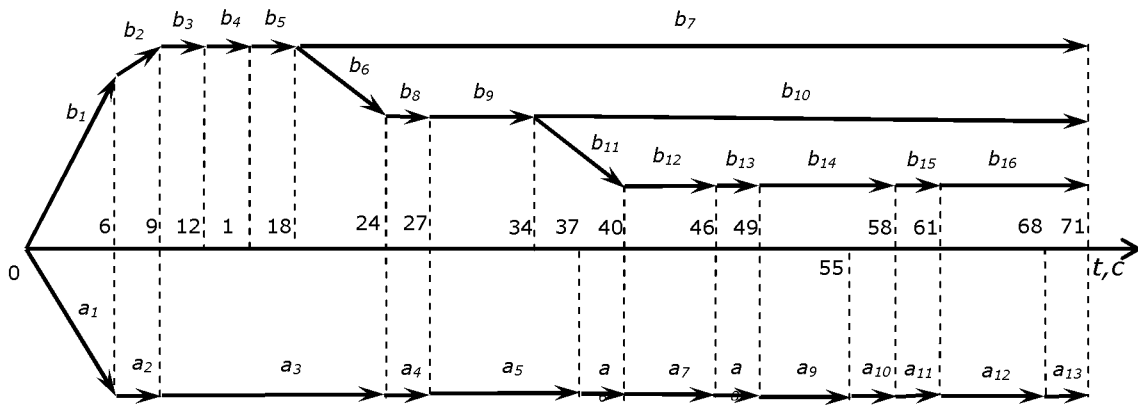


Рисунок 2 - Мережевий графік В дій екіпажу повітряного судна у випадку відмови двигуна на зльоті (прийнято рішення «зліт продовжити»)

Цей час повинен використовуватись, як один з критеріїв оцінки роботи, не тільки починаючих льотних спеціалістів, а й досвідчених льотних кадрів. Графік С відобразить в цьому випадку найбільш оптимальну організацію комплексу дій, оскільки час на їх виконання менший на 41,5%, ніж в першому випадку, і на 22,5% - ніж у другому.

Причому, для кожної з робіт оптимального комплексу (рис. 3) жодним з експертів не було вказано часу на виконання, меншого, ніж на графіку.

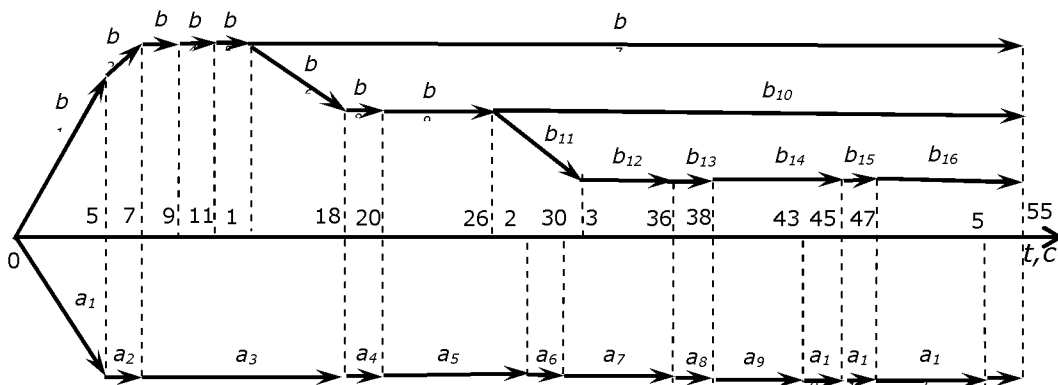


Рисунок 3 Мережевий графік С дій екіпажу повітряного судна у випадку відмови двигуна на зльоті (прийнято рішення «зліт продовжити»)

Розрахунок резервного часу виконаємо за допомогою формули [15]:

$$R_i = T_{ni} - T_{pi} = \max_{\{i\}} \{t_{poj}\} - \min_{\{j\}} \{t_{nij}\},$$

де T_{ni} - пізній строк настання події;

T_{pi} - ранній строк настання події;

t_{poj} - ранній строк початку операції;

t_{nij} - пізній строк початку операції [12].

Для мережевого графіка А дій екіпажу повітряного судна у випадку відмови двигуна на зльоті (прийнято рішення «зліт продовжити») резервний час на парирування особливого випадку в польоті дорівнює 21 с.

Отримані результати пропонується застосовувати при оцінюванні дій курсантів в процесі підготовки при парируванні особливих випадків в польоті.

Висновки. Проведено мережевий аналіз особливого випадку в польоті - відмова авіаційного двигуна на зльоті. В результаті розрахунків оптимізовано мережевий графік дій авіаспеціалістів, спрямованих на парирування особливого випадку в польоті; знайдено мінімальний час необхідний для парирування даного особливого випадку і відповідні резерви часу.

Список літератури

1. Вентцель Е. С. Исследование операций. - М.: «Советское радио», 1972. 552 с
2. Рева О. М. Прийняття рішень шляхом виявлення системи пріоритетів (переваг) авіаспеціаліста: Методичні вказівки до вивчення курс «Основи теорії прийняття рішень». Кіровоград: ДЛАУ, 1996. – 18с.
3. Игнатьева А.В. Исследование систем управления: Учеб. пособие для вузов. / А.В. Игнатьева, М.М. Максимцов - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. - 157 с.
4. Герасимов Б.М. Интеллектуальні системи підтримки прийняття рішень: навч. пос. / Б.М. Герасимов, В.М. Локазюк, О.Г. Оксіук, Поморова О. В. – К.: Вид-во Європейського університету, 2007. – 335 с.
5. Неделько В.Н. Обеспечение эффективности информационной поддержки принятия решений в автоматизированных системах обслуживания воздушного движения с элементами искусственного интеллекта: Дис. канд. техн. наук: 05.22.13. – К.: НАУ, 2002. – 183 с.
6. Сікірда Ю. В. Моделювання системи підтримки прийняття рішень авіадиспетчера в позаштатних польотних ситуаціях: Дис. канд. техн. наук: 05.13.06 ; - Захищена 09.06.2004. - К., 2004. – 184 с.: іл.-Бібліогр.:С.83-85.
7. Соломенцев Ю. М. Информационно-вычислительные системы в машиностроении. / Ю.М. Соломенцев, В.Г. Митрофанов, В.В. Павлов, А.В.Рыбаков - М.: Наука, 2003. - 292 с.
8. Поспелов Д.А. Моделирование рассуждений. Опыт анализа вычислительных актов. – М.: Радио и связь, 1989. – 184 с.
9. Беляев Ю.Б. Моделі та алгоритми формування рішень в системі підтримки прийняття рішень авіадиспетчера в позаштатних польотних ситуаціях / Ю.Б. Беляев, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда // Автоматизація виробничих процесів. – 2004. – №2 (19). – С. 42–49.
10. Шмельова Т. Ф. Моделювання процесу прийняття рішень людиною-оператором авіаційної ергатичної системи з урахуванням впливу психофізіологічних та суспільно-психологічних факторів / Т. Ф. Шмельова, Ю. В. Сікірда // Наукові праці академії: зб. наук. пр. – Кіровоград: ДЛАУ, 2007.– Вип. XII. – С. 342-355.
11. Шмельова Т.Ф. Аналіз особливого випадку в польоті за допомогою мережевого графіка / Шмельова Т.Ф., Бондар О.П., Якуніна І.Л. // Вісник НАУ:науковий журнал – Київ: «НАУ – друк», 2011. - №2(47). – С. 50-54.
12. Кудрявцев Е.М. Исследование операций в задачах, алгоритмах и программах. – М.: Радио и связь, 1984 – 184 с.

И. Якунина Т. Шмелева, О. Бондар

Сетевое планирование в повышении безопасности полетов

Построено сетевой график действий экипажа воздушного судна, в случае отказа авиационного двигателя на взлете, если командир воздушного судна принял решение о продолжении взлета. Найдено критическое время на парирование данного особого случая. Оптимизировано по времени и построено сетевые графики действий экипажа воздушного судна, направленных на ликвидацию особого случая в полете - отказ двигателя на взлете.

I.Yakunina, T. Shmeleva, O.Bondar

Network planning in increase of flights safety

It is constructed the network schedule of actions of crew of the aircraft, in default the aviation engine on launch if the commander of the aircraft has made the decision on launch continuation. Critical time for parrying of the given special case is found. It is optimised on time and it is constructed network schedules of actions of crew of the aircraft, directed on liquidation of a special case in flight - an engine failure on launch.

Одержано 11.05.11