

УДК 62-192

А.М. Хрупенко

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

**ДОДАТКОВІ ЗАХОДИ З ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ЛІТЕРНИХ АВІАРЕЙСІВ**

*Надаються пропозиції щодо застосування можливих додаткових заходів безпеки при виконанні літерних авіарейсів, а також критерії оцінки ефективності вказаних заходів.*

**Ключові слова:** заходи безпеки, літак, авіарейс.

**Вступ**

**Постановка проблеми.** Звернутися до поставленого питання автора змусила дедалі накопичувана сумна статистика трагічних фіналів саме літерних авіарейсів, що мають підлягати нашій особливій дбайливості.

Відомо, що так звані літерні авіарейси виконуються для перевезення елітного складу пасажирів державного і відомчого рівнів. Але при цьому використовуються звичайні літаки пасажирського класу, прийняті до експлуатації, а також звичайні пілоти. Між тим, умови виконання літерних авіарейсів можуть бути більш жорсткими, ніж для звичайних пасажирських літаків, що виконують рейси за прийнятими розкладами польотів. А саме:

– через попередню узгодженість на державному або міждержавному рівні літерні авіарейси, як правило, не скасовуються, якщо на момент прибуття літаків цих рейсів до аеродромів призначення метеорологічні умови тут будуть недостатньо сприятливими для виконання посадки [1, 2];

– літерні авіарейси також не скасовуються, якщо приймаючі аеропорти на момент прибуття літаків цих авіарейсів недостатньо технічно оснащені.

Останнє пов'язане з тим, що літерні авіарейси, оскільки вони відбуваються не по затвердженому розкладу польотів і мають епізодичний характер, часто спрямовуються для приземлення на запасні аеродроми, які по цій причині можуть виявитися недостатньо доглянутими й технічно оснащеними. Саме таким виявився запасний аеродром «Смоленск-Северный» на момент приземлення польського президентського літака Ту-154М 10 квітня 2010 року. За словами відповідального працівника аеродрому на цьому аеродромі сьогодні відсутня точна система посадки і метеослужба і тому посадку літаків тут можна здійснювати у візуальному режимі при належній видимості. А оскільки у розглядуваній ситуації необхідної візуальної видимості не було, пілот Ту-154М припустився помилки у виборі висоти заходу на посадкову смугу [1].

Розглядаються й інші «нештатні» причини трагедії 10 квітня 2010 року – зокрема такі, що відносяться до категорії так званих «генеральський

ефект», коли поважні посадові особи з пасажирського салону забираються до кабіни екіпажу і своїми діями і вказівками втручаються в роботу пілотів.

В цілому і польська і російська сторони не сумніваються, що катастрофа польського президентського літака Ту-154М 10 квітня 2010 року була роковою випадковістю [1].

Згадаємо також, що за схожим «сценарієм» сталася катастрофа українського пасажирського літака Ан-140, бортовий номер – 14003, під Ісфаханом (Іран) у грудні 2002 року [5], який також виконував літерний авіарейс з науково-технічною елітою авіапрому України на борту. Загинули усі 44 людини, включаючи шістьох членів екіпажу і п'ятеро росіян. Всі пасажирів теж квапилися на урочистості з нагоди початку виробництва в Ірані літаків ІрАн-140 – аналога українського Ан-140 при науково-технічній підтримці України.

Основна причина катастрофи Українського Ан-140 - людський фактор у супроводі з певними технічними причинами теж імовірного характеру. Це і виконання заходу на посадку в умовах повної темряви по запропонованому іранськими диспетчерами маневру, при якому навігаційна система літака давала хибні покази і врешті навела літак на гірське пасмо. Це і нерішучість екіпажу, який в тих умовах мав прийняти рішення виконувати посадку самостійно, як він це вже робив неодноразово і як її виконав ІрАн-140 з російським екіпажем всього за 10 хвилин до цього.

Супроводжуваними технічними причинами катастрофи стали: відсутність в оснащенні аеропорту Ісфахана локатора, що виключало візуальний контроль польоту літака; відмова далекоміра на борту літака, а також відсутність приладів забезпечення орієнтації екіпажу в гірській місцевості в умовах недостатньої візуальної видимості.

Отже мав місце випадковий збіг вкрай несприятливих випадкових обставин польоту літака Ан-140, бортовий номер 14003, характерних для того маршруту літаків Ан-140. В пресі того часу повідомлялося, що описана нами катастрофа харківського Ан-140 була вже четвертою за останні кілька років у гірському районі провінції Ісфахан. Тобто для даної катастрофи Ан-140 у грудні 2002 року існувала явна її імовірність.

Тоді постає питання, чи існує якась реальна можливість у випадку авіакатастроф літаків літерних авіарейсів врятування хоча б частини пасажирів?

Відповіді на це питання у всіх рясно опублікованих про наведені сумні події аналітичних матеріалах державного рівня до нинішнього часу не надається.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Саме накопичений практичний досвід, його аналіз з пошуком аналогів, а також ознайомлення з опублікованим фактичним і аналітичним матеріалом полегшують надання відповіді на поставлену в статті задачу.

Так, із повідомлень вітчизняних ЗМІ ми дізналися про масштабну теплоенергетичну аварію в Алчевську 22 січня 2006 року. Аварія сталася із-за зруйнування внаслідок зносу і незвичайно низької навколишньої температури єдиної труби подачі теплоносія в місто від єдиної в місті котельної [3]. На урядовому рівні був зроблений висновок, що централізована система опалення і обігріву таких міст, як Алчевськ, повністю себе вичерпала й необхідно переходити до децентралізованих систем опалення міст – введення блочних котелень для будинків окремих житлово-комунальних ділянок.

Інші випадки з децентралізації і диверсифікації у практичній діяльності.

Із практики ведення бойових дій відомо, що для збереження своїх сил в умовах можливих авіа- і артильотів протидіючі військові сторони вдаються до розосередження своїх бойових порядків на полі бою.

Для гарантованого знищення небезпечної і важливої у тактичному і стратегічному відношенні цілі, захищеної засобами ППО або ПРО, виділяється не поодинокі одиниці удару (літак чи ракета), а їх підрозділ.

В умовах економічної кризи підприємство-виробник має більше шансів на виживання при диверсифікації своєї продукції.

На жаль, існують і сумні приклади, коли децентралізація об'єкта не була своєчасно здійснена, хоча необхідність це зробити вимагав і здоровий глузд. Так, за моделлю теплоенергетичної трагедії в Алчевську у 2006 році сталася трагедія голодного вимирання мешканців блокадного Ленінграда у Великій Вітчизняній війні 1941-1945 років. Річ у тому, що основні запаси продовольства були зосереджені в одній точці – на Бабаєвських складах, які були знищені ворогом ще до початку блокади. В опублікованих нині матеріалах про ці події [4] цілком справедливо висловлюється здивування й обурення байдужістю й недалекоглядністю тодішніх керівників міста (Жданов, Кузнецов), які не подумалися розосередити оті продовольчі склади по різних частинах міста.

#### Мета статті:

а) запропонувати для підвищення безпеки літерних авіарейсів заходи зі збільшення здатності виживання літаків цих рейсів і їх контингентів у імовірно можливих згубних ситуаціях польоту (неякісна посадка, відмова техніки, помилка пілота або диспетчера, недостатня технічна оснащеність аеродрому прийому тощо;

б) запропонувати наочні й зручні критерії й показники, які можна було б використовувати для вибору необхідних заходів по пункту а).

### Основний матеріал

По суті, як було показано у попередньому аналізі, такі заходи існують в життєдіяльності людських спільнот, а також в життєдіяльності окремих організацій на анатомічному і неврологічному рівнях. Всі вказані заходи, про які йдеться, об'єднуються під дією основного їх принципу – структурної децентралізації вихідного об'єкта до рівня інтегральної сукупності автономно працюючих субоб'єктів у напрямку сумісного виконання завдання, яке мав би виконувати єдиний вихідний об'єкт.

У нашому випадку це завдання – виконання літерного авіарейсу між заданими пунктами із збереженням життя усіх пасажирів цього рейсу. Точніше, з мінімальними втратами, якщо їм судилося стати за дією певних об'єктивних законів.

Отже замість одного літака літерного авіарейсу береться  $n > 1$  літаків такого ж або меншого класу з розподілом пасажирів між ними порівну. Будемо вважати, що якщо судилося статися  $m \leq n$  катастроф літаків, то вони відбуваються з певною об'єктивною імовірністю  $P_{m,n}$ .

Тоді залишається з'ясувати оптимальну ступінь децентралізації, тобто найбільш підходяще значення  $n$ . При цьому слід зважати при збільшенні  $n$ :

– на зростання матеріальних витрат, пов'язаних з вартістю літаків;

– на зростання витрат на обслуговування  $n$  літаків і на обслуговування додаткових злітно-посадкових смуг або запасних аеродромів.

З іншого боку необхідно зважати, що можливі втрати (пасажирів) при можливих авіакатастрофах  $m$  літаків із  $n$ , де реально  $m = 1$ , будуть зменшуватися із зростанням  $n$  відповідно до зменшення частки  $m/n$ .

Для прийняття рішення щодо ступеня децентралізації  $n$  при дії двох суперечливих тенденцій в умовах змінювання величини  $n$  автор пропонує розрахувати й побудувати закономірність імовірності

$P_{m,n} = f(q, m, n)$  й добутку  $P_{m,n} \times \frac{m}{n}$  і по ним, враховуючи практичні міркування й реальні можливості, вибрати найбільш прийнятні значення  $n$  і  $m$ .

Для розрахунку величини  $P_{m,n} = f(q, m, n)$ , де  $q = 1 - p$  є імовірність можливого невдалого польоту літака літерного авіарейсу і  $p$  – імовірність успішного польоту цього літака, можна скористатися біноміальним законом розподілу дискретної випадкової величини – формулою Бернуллі [6, 7]

$$P_{m,n} = \tilde{N}_n^m q^m p^{n-m}, \quad (1)$$

де  $\tilde{N}_n^m$  – біноміальний коефіцієнт, що визначає кількість можливих поєднань з  $n$  по  $m$  і має вираз

$$\tilde{N}_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!}, \quad (2)$$

тобто визначає кількість можливих імовірних ситуацій для кожної пари значень  $m, n$  [6, 7].

Математичний запис формули (1) цілком логічний для описуваної практичної ситуації, а також впливає з теоретичних положень теорії імовірності – теорема щодо імовірності суми несумісних подій і теорема щодо сумісної появи декількох незалежних подій [6, 7].

Вихідними значеннями для розрахунку величини  $P_{m,n}$ , як видно з виразів (1), (2) є величини  $n,$

$m$   $q$  (або  $p$ ), які вибираємо з практичних міркувань і публікаційних даних. Так будемо вважати  $n = 1 \div 6, m = 1 \div n$ . Також вибираємо для сучасних пасажирських літаків регулярних авіарейсів, як можна зустріти в деяких повідомленнях преси,  $p = 0,96 \dots 0,97$ . І тоді для літерних авіарейсів, враховуючи наші зауваження,  $p \approx 0,93$ . Також для отримання повної картини результатів розрахунку і тенденції змінювання величини розрахунку вибираємо  $p = 0,9$ .

Результати розрахунку наведені у табл. 1

Таблиця 1

Результати розрахунку

$P_{m,n} = \tilde{N}_n^m q^m p^{n-m}$ при $p = 0,9; q = 1 - p = 0,1$						
$m \backslash n$	1	2	3	4	5	6
0	0,9	0,81	0,729	0,6561	0,5905	0,5314
1	0,1	0,18	0,243	0,2916	0,328	0,3543
2	–	0,01	0,027	0,0486	0,0729	0,0984
3	–	–	0,001	0,0036	0,0081	0,01458
4	–	–	–	0,0001	0,00045	0,001215
5	–	–	–	–	0,00001	0,000054
6	–	–	–	–	–	0,000001

$P_{m,n} = \tilde{N}_n^m q^m p^{n-m}$ при $p = 0,93; q = 1 - p = 0,07$						
$m \backslash n$	1	2	3	4	5	6
0	0,93	0,865	0,8044	0,748	0,6957	0,647
1	0,07	0,1302	0,1816	0,2252	0,2618	0,2922
2	–	0,0049	0,0137	0,0254	0,0394	0,055
3	–	–	0,000343	0,00128	0,00297	0,00552
4	–	–	–	0,000024	0,000112	0,000311
5	–	–	–	–	0,00000168	0,0000094
6	–	–	–	–	–	$8,235 \times 10^{-9}$

$P_{m,n} = \tilde{N}_n^m q^m p^{n-m}$ при $p = 0,97; q = 1 - p = 0,03$						
$m \backslash n$	1	2	3	4	5	6
0	0,97	0,941	0,9127	0,8853	0,8587	0,833
1	0,03	0,0582	0,0847	0,1095	0,1328	0,1546
2	–	0,0009	0,002619	0,005081	0,00821	0,01195
3	–	–	0,000027	0,000105	0,000254	0,000493
4	–	–	–	$0,81 \times 10^{-6}$	$3,88 \times 10^{-6}$	$11,43 \times 10^{-6}$
5	–	–	–	–	$0,0243 \times 10^{-6}$	$0,141 \times 10^{-6}$
6	–	–	–	–	–	$7,29 \times 10^{-10}$

$P_{m,n} \times \frac{m}{n}$ при $p = 0,9; q = 0,1; m = 1$						
$n$	1	2	3	4	5	6
$m/n$	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6
$\tilde{N}_n^m q^m p^{n-m}$	0,1	0,18	0,243	0,2916	0,328	0,3543
$\tilde{N}_n^m q^m p^{n-m} \times m/n$	0,1	0,09	0,081	0,073	0,066	0,05905

$P_{m,n} \times \frac{m}{n}$ при $p = 0,93$ ; $q = 0,07$ ; $m = 1$						
n	1	2	3	4	5	6
m/n	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6
$\tilde{N}_n^m q^m p^{n-m}$	0,07	0,1302	0,1816	0,2252	0,2618	0,2922
$\tilde{N}_n^m q^m p^{n-m} \times m/n$	0,07	0,0651	0,0605	0,0563	0,0524	0,0487

$P_{m,n} \times \frac{m}{n}$ при $p = 0,97$ ; $q = 0,03$ ; $m = 1$						
n	1	2	3	4	5	6
m/n	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6
$\tilde{N}_n^m q^m p^{n-m}$	0,03	0,0582	0,0847	0,1095	0,1328	0,1546
$\tilde{N}_n^m q^m p^{n-m} \times m/n$	0,03	0,0291	0,0282	0,0274	0,0266	0,02577

### Висновки

Збільшення кількості літаків у одному літерному авіарейсі до  $n > 1$  з тим же рівнем надійності (імовірністю) виконання авіарейсу кожним літаком цієї групи збільшує імовірність втрат  $m < n$  літаків із  $n$  літаків, що сприймається логічно і узгоджується з математичним описом ситуації.

Збільшення кількості літаків до  $n > 1$  у літерному авіарейсі зменшує кількість втрат пасажирів у випадку катастрофи  $m$  з  $n$  літаків, зважаючи, що частка втрат  $m/n < 1$ .

Тоді логічним буде у виборі показника (критерія) ступеня децентралізації літака літерного авіарейсу брати добуток імовірності втрат  $m$  з  $n$  літаків і частки втрат  $m$  з  $n$  літаків, тобто добуток  $\tilde{N}_n^m q^m p^{n-m} \times (m/n)$  – критерій «втрати – імовірність втрат». Значення цього критерію як функції величин  $n$ ,  $m$   $q$  теж автором розраховані і представлені у відповідних таблицях.

Оскільки величини  $\tilde{N}_n^m q^m p^{n-m}$  і  $m/n$  при змінюванні  $n$  змінюються протилежним чином, монотонно змінюваний критерій  $\tilde{N}_n^m q^m p^{n-m} \times (m/n)$  не має екстремуму і відповідно величина  $n$  не має оптимуму. Тому значення  $n$  вибирається, виходячи із матеріальних витрат, інфраструктури аеродромів прийому, а також суттєвих ускладнень в роботі авіадиспетчерів в розподілі маршрутів руху окремих  $n$

літаків. Практично прийнятне значення може знаходитися в межах  $3 \leq n \leq 5$ . А практично можливе значення нездійснених літаків  $m$  серед вихідних  $n$  літаків літерного авіарейсу становить, як показують розрахунки автора і представлені по ним результати в таблицях,  $m = 1$ .

### Список літератури

1. Опубліковані матеріали з нагоди авіакатастрофи польського президентського літака Ту-154М 10 квітня 2010 р // Газета «Труд», №30 від 16.04.2010 р.; газета «Труд», №32 від 23.04.2010 р.; газета «Труд», №34 від 30.04.2010 р.
2. Опубліковані матеріали з нагоди авіакатастроф літаків літерних авіарейсів у світі в 1940-х і 1970-х роках // Газета «Труд» №64 від 14.08.2010 р.
3. Опубліковані матеріали з нагоди епідеміологічної аварії в м. Алчевську 22.01.2006 р. // Газета «Слобідський край» №№11, 13, 16, 18, 28, 29 за 2006 рік; газета «Труд» №№9, 11 за 2006 рік.
4. Стегній В. У капкані і на порохівій бочці // Газета «Слобідський край». – № 153 від 24.09.2005 р.
5. Біденко М. Фатальний політ в горах Ірану // Газета «Слобідський край». – №246 від 25.19.2006 р.
6. Венцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Венцель, Л.А. Овчаров. – М.: Наука, 1973. – 366 с.
7. Котельников Г.Н. Основы надёжности авиационной техники / Г.Н. Котельников. – К.: КІ ВПС, 1999. – 144 с.

Надійшла до редколегії 3.06.2010

**Рецензент:** канд. техн. наук, ст. наук. співр. А.В. Приймак, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ЛИТЕРНЫХ АВИАРЕЙСОВ

А.М. Хрупенко

*Предоставляются предложения относительно применения возможных дополнительных мер безопасности при выполнении литерных авиарейсов, а также критерии оценки эффективности указанных мероприятий.*

**Ключевые слова:** меры безопасности, самолет, авиарейс.

### ADDITIONAL MEASURES ON INCREASE OF SAFETY OF DESIGNATED BY A LETTER AVIAREYSOV

A.M. Khrupenko

*Given suggestion in relation to application of possible additional safety measures at implementation of designated by a letter aviareysovs, and also criterion of estimation of efficiency of the indicated measures.*

**Keywords:** safety measures, airplane, aircraft trip.