

Список використаної літератури

1. *Папіжук О.В., Мариношенко О.П.* Розробка методу розрахунку інерційних та приведених жорсткісних характеристик крила літального апарату. *Механіка гіроскопічних систем*. К.: НТУУ "КПІ", випуск №19 – 2008. – С.65-76.
2. *Мариношенко О.П. Каюк Я.Ф.* Про один новий підхід до побудови характеристик напруженого і деформованого стану крил літаків// IV Міжнародна науково-технічна конференція. "Гіротехнології, навігація, керування рухом і конструювання авіаційно-космічної техніки". – Тези доповідей. – 2007. – С.148-156.
3. *Кан С.Н.* Расчет самолета на прочность. – М.: Оборонгиз, 1958.-292с.
4. *Галкина Н.С.* Исследование НДС элементов авиационных конструкций и их соединений.-М.: ЦАГИ,1979. –73с.
5. *Феофанов А.Ф.* Строительная механика авиационных конструкций. – М.: Машиностроение, 1964. - 284с.
6. *Ляховенко И.А.* Расчет НДС неоднородных балок при динамическом нагружении.-М.,1973. –27с.
7. *Маркелов В.А.* Исследование НДС натурных авиационных конструкций методом фотоупругих покрытий. – Новосибирск,1986. – 16с.
8. *Келдыш М.В.* Избранные труды: Механика.-М.: Наука, 1985. 568с.
9. *Theodore Teodorsen.* General theory of aerodynamic instability and the mechanism of flutter. NASA Report № 496, 1934.
10. *Украинцев Г.В.* Методика расчета на прочность тонкостенных конструкций переменного поперечного сечения. – М.,1970.- 25с.

УДК 629.7.047

Є. А. Пахнюк, М. Т. Савченко, В. В. Сухов, О. Б. Туріщев

**ДОСЛІДЖЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ
КОЛЕКТИВНОГО ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПАСАЖИРСЬ-
КИХ ЛА У СВІТЛІ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ АВІ-
АІНДУСТРІЇ**

У статті піднято питання доцільності застосування систем колективного спасіння у світлі сучасних тенденцій зростання пасажиромісткості та обсягів пасажироперевезень авіатранспортом. Розглянуто питання порівняння безпеки двох літаків: нового літака, безпека якого підвищена традиційними способами, і літака, обладнаного систе-

мою колективного спасіння.

В статті розглянуто питання целесообразності застосування систем колективного спасіння пасажирів з урахуванням сучасних тенденцій збільшення пасажиромісткості та обсягів пасажироперевозок авіатранспортом. Було проведено порівняння безпеки двох літаків: нового літака, безпека якого збільшена за допомогою традиційних способів, та літака, обладнаного системою колективного спасіння.

In the article it is considered the question of expedience of application of the systems of collective rescue of passengers with taking into account the modern tendencies of increase of passenger capacity and volumes of passenger transportations by an air transport. Comparison of safety of two airplanes was conducted: new airplane, safety of which is provided by traditional methods, and airplane, equipped with the collective rescue system.

Вступ

Питання систем життєзабезпечення під час польотів є актуальним з того часу, коли вантажо- і пасажироперевезення авіаційним транспортом перестало бути прерогативою аматорів-ентузістів. При переведенні цієї діяльності на комерційні рейки перед власниками постало нагальне питання – як зменшити ризики втрати того чи іншого вантажу або літального апарата (ЛА). На той час (20-30-ті роки ХХ ст.) цього досягали за рахунок підвищення майстерності пілотів, а також технічних нововведень (наприклад, змінювали на краще умови експлуатації двигунів та їх відносну потужність на одиницю маси). Завдяки цьому можна було перевозити більшу масу, за рахунок частини якої посилювалися характеристики жорсткості конструкції. Крім того, покращували показники якості ЛА. Цьому сприяв стрімкий розвиток аеродинаміки, зокрема, виготовлення більш якісних обтікаючих поверхонь.

Стан проблеми

Згідно з даними сайту [6], кількість аварій, спричинених некоректними діями пілотів, протягом останніх десятиліть майже не змінюється, що свідчить про досягнення певного середнього рівня їх майстерності. З іншими причинами авіакатастроф можна ознайомитись у табл. 1.

Таблиця 1.

Динаміка змін причин авіакатастроф (%)

Причина	Роки						
	1950– 1960	1960– 1970	1970– 1980	1980– 1990	1990– 2000	Після 2000 р.	Загалом
1	2	3	4	5	6	7	8
Помилка пілота	41	37	29	30	31	30	33

1	2	3	4	5	6	7	8
Помилка пілота, пов'язана з погодними умовами	11	17	15	16	19	19	16
Помилка пілота, пов'язана з механічними пошкодженнями	7	3	4	4	6	3	4
Помилка пілота (сукупна)	59	57	48	50	56	52	53
Інші помилки, пов'язані з людським чинником	4	7	10	6	7	9	7
Погодні	14	11	10	12	9	8	11
Механічні пошкодження	20	19	21	21	21	25	21
Саботаж	3	4	9	10	7	6	7
Інші причини	0	2	2	1	1	0	1

Як бачимо, чільне місце посідають причини, пов'язані з механічним чинником. Це свідчить про необхідність зменшити негативний вплив від технічних пошкоджень. У разі, якщо цього зробити неможливо, літак має бути обладнаний засобами рятування пасажирів, екіпажу чи вантажу.

З часом авіаційна діяльність сформувалася в окремий вид бізнесу, відповідно змінилися й основні вимоги до ЛА. Головним завданням стало поєднання максимально можливої вантажопідйомності (у перерахунку на одиницю загальної маси) та мінімальних витрат палива. А питання безпеки польотів відійшло на другий план. Проте тенденція до збільшення літальних апаратів (як наслідок зростання вантажопідйомності) не оминула і сегмент пасажироперевезень.

За півтора десятиліття зросла кількість пасажиромісць, а також обсяги пасажироперевезень. Це сталося в результаті процесів глобалізації у світовій економіці та більшій мобільності населення (особливо в розвинутих країнах). Згідно з прогнозом спеціалістів компанії Airbus [5], з 2007-го до 2026 р. пасажиропотік щороку зростатиме на 4,9%, а кількість пропозицій (рейсів) – удвічі. Окрім того, експерти стверджують, що кількість комерційних авіалайнерів у світі (пасажирських з кількістю пасажиромісць понад 100) зросте з 13284 (у 2006 р.) до 28534 (у 2026 р.). А пасажиропотік зросте втричі – авіакомпанії збільшать кількість літаків більш як у 2 рази (рис. 1).

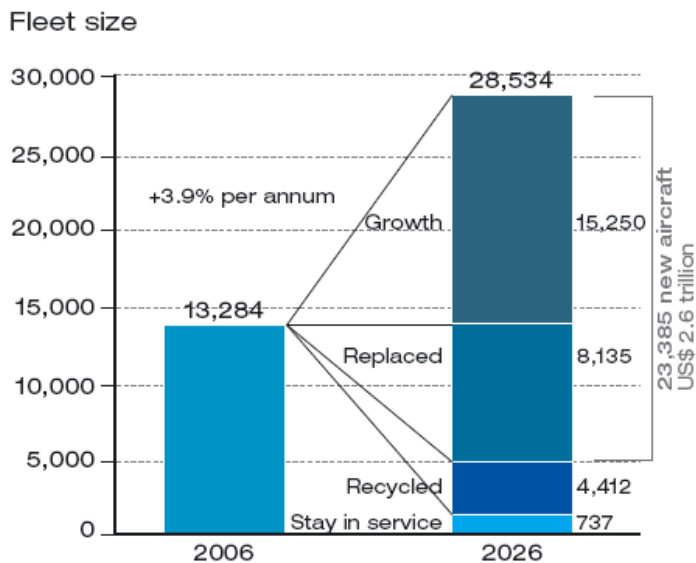


Рис. 1. Прогнози збільшення авіаційного парку до 2026 р.

Fleet size – місткість авіапарку (літаків); *Growth* – приріст;
Replaced – замінено; *Recycled* – переобладнано у вантажні;
Stay in service – залишаться у використанні.

Такі тенденції характерні і для України. Починаючи з 2000 р., кількість пасажирів, що скористалися послугами авіаційного транспорту, постійно зростає (рис. 2). Для порівняння на рис. 2 наведено динаміку темпів зростання обсягів пасажироперевезень у Росії та США [7].

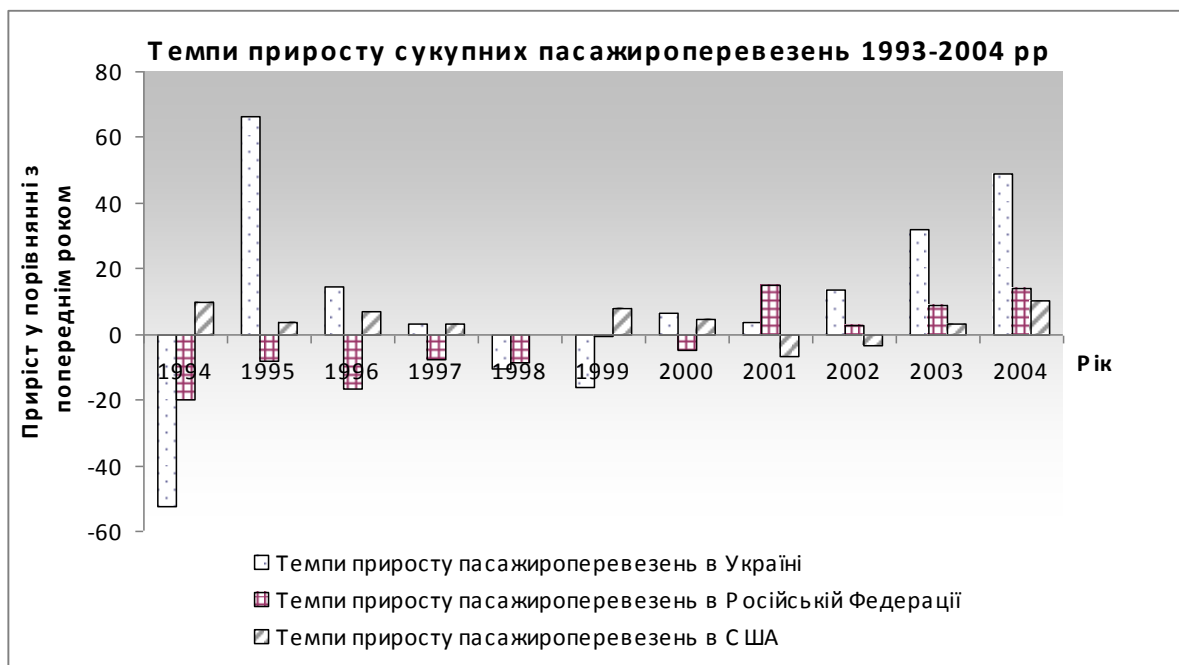


Рис. 2. Темпи зростання обсягів сукупних пасажироперевезень у 1993-2004 рр.

Постановка задачі

Вказані вище причини знову роблять вкрай актуальним питання безпеки польотів. З огляду на прогнози щодо збільшення авіаційного парку компаній та обсягів пасажироперевезень, на статистику катастроф і загиблих у них, а також на тенденцію до збільшення пасажиромісткості сучасних авіалайнерів картина вимальовується не дуже приваблива. Якщо не вжити заходів, спрямованих на підвищення рівня безпеки польотів, людські втрати також збільшаться втричі, а при зростанні місткості літаків - навіть більше. Нижче наведено статистичні дані щодо катастроф за 1990-2007 рр. (рис. 3).

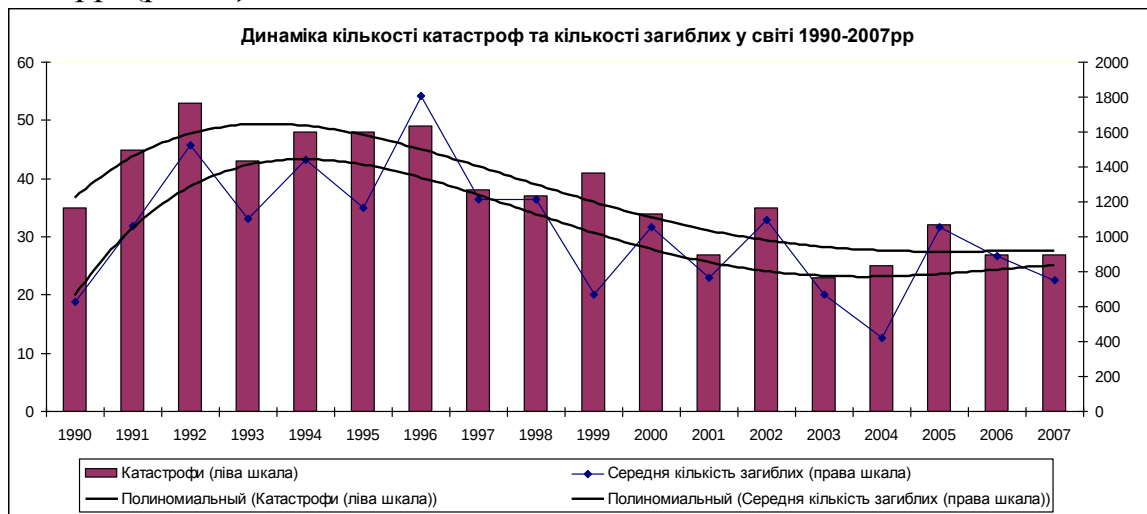


Рис. 3. Динаміка кількості катастроф та загиблих у світі в 1990-2007 рр.

Умовно розділивши рейс на етапи – «зліт», «набір висоти», «горизонтальний політ», «зниження» та «посадка», отримаємо статистику смертності на кожному з них (рис. 4). Виявляється, що найбільш небезпечними є «горизонтальний політ» (41,19% загальної кількості загиблих в авіакатастрофах) та «зниження» (39,32%) [3].

Основні засоби рятування спрямовані на нейтралізацію найтипівіших причин катастроф:

- для чинників, пов'язаних з помилкою пілота, розроблено спеціальні програми-автопілоти для певних критичних ситуацій у польоті та тренувальні програми. Компанія «Airbus» на своєму офіційному сайті розмістила рекомендаційну інформацію (як «себе поводити» при виникненні на певному етапі польоту аварійної ситуації);
- природні чинники нейтралізуються за рахунок використання спеціальних матеріалів (антиблискавичних, системи антизледеніння тощо);
- людський чинник (саботаж, неправомірні дії пасажирів) нейтралізується у передпольотній стадії. Існують також патенти на антитерори-

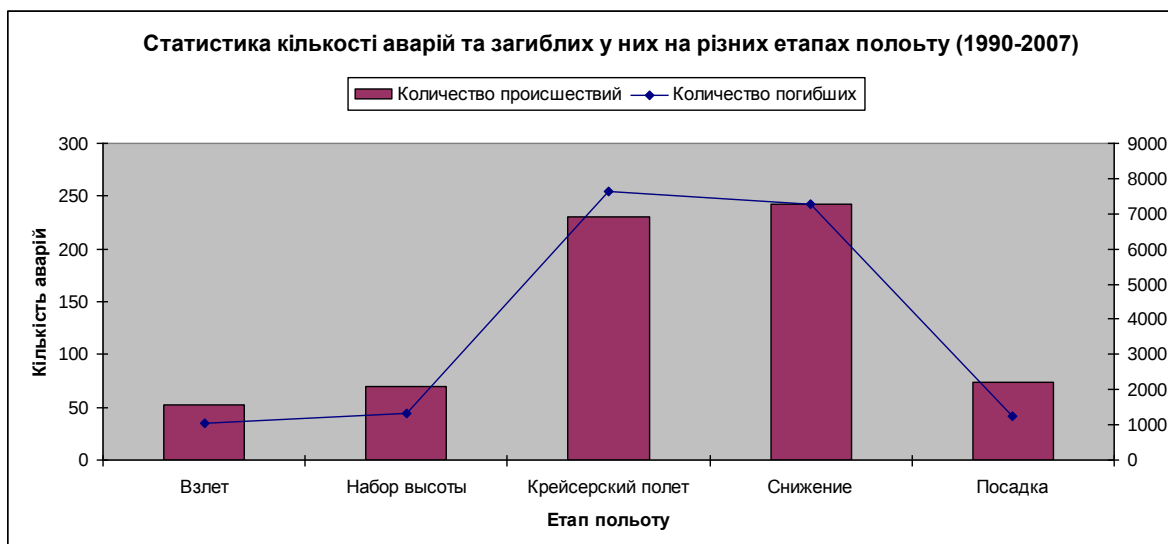


Рис. 4. Кількість аварій та загиблих на різних етапах польоту 1990- 2007 рр.

стичні заходи, зокрема наявність «прихованого» пасажирів (можливо, у потаємному приміщенні);

- протидія механічним чинникам є економічно найнедоцільнішою, оскільки інтеграція таких систем збільшує масові характеристики літаків та ускладнює виробничий цикл.

Враховуючи статистику катастроф на різних етапах польоту та чинники, які до них призводять можна побачити актуальність дослідження заходів, спрямованих на протидію цим чинникам. Проте, згідно аналізу зарубіжних джерел, основними тенденціями розвитку систем спасіння є впровадження превентивних заходів, таких як покращення диспетчерської служби, технічної майстерності пілотів (за рахунок тренувань), застосування системи «автопілот», передпольотному контролю. Так компанія «Airbus» на своєму офіційному сайті розмістила рекомендаційні матеріали для різних етапів польоту, в яких даються вказівки щодо поведінки як пілотів, так і пасажирів при виникненні аварійних ситуацій [4]. Проте, вони вказують, яким чином реагувати при виникненні тої чи іншої аварійної ситуації, а не спрямовані на нейтралізацію її можливості.

Як бачимо, питання необхідності застосування систем колективного спасіння пасажирів ще не набуло актуальності серед зарубіжних спеціалістів, що частково зумовлено значними витратами на розробку та впровадження таких систем. Однак, необхідність існування подібних систем безсумнівна, позаяк щоразу після чергової авіакатастрофи у суспільстві зростає напруженість, зумовлена ставленням авіакомпаній до безпеки польотів та нехтуванням ними цінністю людського життя внаслідок недбалості.

Слід відмітити, що російські експерти приділяють набагато більшу увагу розглядуваному питанню. Так, в профільних виданнях можна знайти

публікації щодо доцільності впровадження таких систем та рекомендації з цього приводу [8-14].

Таким чином, основним завданням статті є розгляд питання доцільності застосування систем колективного спасіння.

Основний розділ

Питання про доцільність розробки нової авіаційної системи традиційно вирішується порівнянням її очікуваної функціональної ефективності і безпеки із значеннями відповідних показників, досягнутими у кращих зразків-аналогів. Порівняємо безпеку двох літаків: нового літака, безпека якого підвищена традиційними способами, і літака, обладнаного системою колективного спасіння (СКС) [1].

Введемо наступні позначення: q_k , q_a – вірогідність відповідно катастрофи і аварії прототипу нового літака (без СКС); $q_{k.m.}$, $q_{k.ч.}$ ($q_{a.m.}$, $q_{a.ч.}$) – вірогідність катастрофи (аварії) прототипу нового літака (без СКС) в результаті відмов техніки і в результаті помилок людини відповідно; $q_{н.к.}$, $q_{н.а.}$ – вірогідність відповідно катастрофи і аварії нового літака (без СКС); $q_{с.к.}$, $q_{с.а.}$ – вірогідність відповідно катастрофи і аварії літака, обладнаного СКС; q_c – вірогідність відмови СКС; q_n – вірогідність помилкового включення СКС; q_b – вірогідність невиправданого (без потреби) включення СКС (помилково екіпажем або в результаті помилкового спрацювання); α – частка льотних подій (у відсотках), які відбуваються із-за помилок людини, для прототипу нового (без СКС) літака; β – частка катастроф (у відсотках), в яких застосування СКС могло б врятувати людей. Очевидно, що для катастрофи

$$q_k = q_{k.m.} + q_{k.ч.}, \quad (1)$$

$$q_{k.ч.} = q_k * \alpha, \quad q_{k.m.} = q_k * (1 - \alpha), \quad \frac{q_{k.m.}}{q_{k.ч.}} = \frac{(1 - \alpha)}{\alpha}. \quad (2)$$

Аналогічні формули можна записати для аварії:

$$q_a = q_{a.m.} + q_{a.ч.}, \quad (3)$$

$$\frac{q_{a.m.}}{q_{a.ч.}} = \frac{(1 - \alpha)}{\alpha}. \quad (4)$$

З формул (1), (2), (3) та (4) вірогідність катастрофи літака-прототипу

$$q_k = \frac{q_{k.m.}}{(1 - \alpha)}. \quad (5)$$

Та відповідно аварії літака-прототипу:

$$q_a = \frac{q_{a.m.}}{(1 - \alpha)} \quad (6)$$

По аналогії з формулами (5) та (6) вірогідність спрацювання СКС без необхідності:

$$q_b = \frac{q_l}{(1 - \alpha)}. \quad (7)$$

Введемо наступні позначення випадкових подій: K – виникнення катастрофічної ситуації; $K_{\partial.n.c.}$ – виникнення катастрофічної ситуації, що допускає застосування СКС; $K_{н.п.с.}$ – виникнення катастрофічної ситуації, що не допускає застосування СКС; A – виникнення аварійної ситуації; C – успішне спрацювання СКС; B – введення в дію СКС без потреби.

На літаку, обладнаному СКС, катастрофа відбудеться в будь-якому з наступних трьох випадків: $B \cap \bar{C}$, $K_{н.п.с.}$, $K_{\partial.n.c.} \cap \bar{C}$. Об'єднання цих трьох подій має вигляд: $B \cap \bar{C} \cup K_{н.п.с.} \cup K_{\partial.n.c.} \cap \bar{C}$. Після винесення $\bar{C}$ за дужки, цей вираз матиме вигляд $\bar{C} \cap (B \cup K_{\partial.n.c.}) \cup K_{н.п.с.}$, а його вірогідність є вірогідність катастрофи для літака обладнаного СКС:

$$q_{c.k.} = q_c q_b + P(K_{\partial.n.c.}) + P(K_{н.п.с.}),$$

де $\cup$ і $\cap$ – символи об'єднання і відповідно перетину подій; P – символ вірогідності події в дужках, рисочка зверху – символ протилежної події.

Вірогідність $P(K_{н.п.с.})$ виникнення катастрофічної ситуації $K_{н.п.с.}$, що не допускає застосування СКС, дорівнює $P(K) * P(K_{н.п.с.} | K) = q_k(1 - \beta)$. Аналогічно $P(K_{\partial.n.c.}) = q_k\beta$. Тому $q_{c.k.} = q_c(q_b + q_k\beta) + q_k(1 - \beta)$. Звідси, враховуючи (5) і (7), після перетворень отримаємо

$$q_{c.k.} = q_l q_c + q_{k.m.}(1 - \beta * p_c / (1 - \alpha)), \quad (8)$$

де $p_c = 1 - q_c$.

Аварія на літаку, обладнаному СКС, відбудеться в тому випадку, якщо матиме місце будь-яка з наступних трьох подій: A , $K_{\partial.n.c.} \cap C$, $B \cap C$. Об'єднання цих трьох подій є подія, суть якої в тому, що на літаку, обладнаному СКС, відбудеться аварія. Вона виражається формулою $A \cup (K_{\partial.n.c.} \cap C) \cup (B \cap C)$. Після винесення C за дужки формула цієї події матиме вигляд $A \cup C \cap (K_{\partial.n.c.} \cup B)$. Її вірогідність $q_{c.a.} = q_a + p_c(q_k\beta + q_b)$, а з урахуванням (5) і (7) отримаємо

$$q_{c.a.} = q_{a.m.} + p_c(q_k\beta + q_l) / (1 - \alpha). \quad (9)$$

Припустимо, що НДДКР дозволили істотно підвищити надійність нового (без СКС) літака, а саме: понизити вірогідність катастрофи з вини техніки до

$$q_{н.т.} = \gamma q_{к.т.} \quad (10)$$

і з вини людини до

$$q_{н.ч.} = n q_{к.т.}, \quad (11)$$

де $\gamma, n < 1$ – враховують результат творчих зусиль розробників нового літака. З урахуванням (1), (2), (10) і (11) вірогідність катастрофи нового (без СКС) літака

$$q_{н.к.} = q_{к.т.} \gamma + n\alpha/(1 - \alpha) . \quad (12)$$

Вважаючи, що вірогідність аварії з вини людини і техніки знижується в такій же мірі, що і вірогідність катастрофи, отримаємо аналогічну формулу для вірогідності аварії нового (без СКС) літака

$$q_{н.а.} = q_{а.т.} \gamma + n\alpha/(1 - \alpha) . \quad (13)$$

Застосування СКС – це перетворення β % катастрофічних ситуацій в аварійні, заради збереження в цих ситуаціях життя людей. При цьому, природно, вірогідність аварії на літаку, обладнаному СКС, виявиться вищою, ніж на новому (без СКС), тим паче, що в початкових умовах ніякого зниження аварійності літака з СКС (на відміну від його конкурента) не передбачалося. Це видно з порівняння виразів (9) і (13).

По рівнянням (8) і (12) встановимо область таких значень, при яких $q_{с.к.} < q_{н.к.}$:

$$\beta > \frac{q_{л} q_{с} + 1 - \gamma - \alpha(n - \gamma) q_{к.т.}}{q_{к.т.} p_{с}} . \quad (14)$$

Ця нерівність визначає область доцільного застосування СКС (область, в якій літак з СКС краще за новий (без СКС) по катастрофічності).

Поставимо тепер питання інакше. Які повинні бути значення параметрів n, γ , що характеризують якість нового (без СКС) літака, для того, щоб він став кращий за літак з СКС по катастрофічності?

З (8) і (12) знаходимо $q_{н.к.} < q_{с.к.} \rightarrow \gamma < q_{отн} - n\alpha/(1 - \alpha)$, де $q_{отн} = q_{с.к.}/q_{к.т.}$. Найбільше значення n перетворює в нуль праву частину цієї нерівності. Тому $n < (1 - \alpha)q_{отн}/\alpha$. Таким чином, шукана область значень параметрів n, γ повинна задовольняти системі двох нерівностей:

$$n < \min\left(\frac{1-\alpha}{\alpha}q_{отн}, 1\right) = f_n(\beta),$$

$$\gamma < q_{отн.} - \frac{1-\alpha}{\alpha}n. \quad (15)$$

$$\text{З урахуванням (8) } q_{отн}(\beta) = \frac{\frac{q_{л.}}{q_{к.м.}}q_c + 1 - \beta p_c}{1 - \alpha}.$$

Для порівняння двох літаків по безпеці польоту задамося чисельними значеннями введених показників.

Із-за помилок екіпажа і обслуговуючого персоналу, по оцінках різних авторів, відбувається від 75 до 90 % катастроф [2].

Прийmemo $\alpha = 0,8$, $q_{к.м.} = 10^{-7}$, $q_{а.м.} = 10^{-6}$ [2].

Область значень, в якій літак, обладнаний СКС, має нижчу катастрофічність, ніж новий (без СКС), задається нерівністю (14). Значення правої частини цієї нерівності для деяких значень вхідних в неї параметрів вказані в приведеній нижче табл. 3. З цієї таблиці видно, що область доцільного застосування СКС слабо реагує на зміну надійності і вірогідності помилкового спрацьовування СКС. Найбільший вплив на цю область створює параметр n .

Для ілюстрації меж області, що задається нерівностями (15), побудуємо графіки (рис. 5) правої частини другої нерівності для чотирьох варіантів її залежності від параметра β : при $n = f_1(\beta) = 0,85f_n(\beta)$, $n = f_2(\beta) = 0,75f_n(\beta)$, $n = f_3(\beta) = 0,5f_n(\beta)$, $n = f_4(\beta) = 0,25f_n(\beta)$.

Таблиця 3.

Значення вхідних параметрів

$q_{\text{л}}/q_{\text{к}}$	P_c											
	0,99						0,999					
	n											
	0,2		0,4		0,6		0,2		0,4		0,6	
	γ											
	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5
0,01	0,788	0,748	0,626	0,586	0,465	0,424	0,781	0,741	0,621	0,581	0,46	0,42
1	0,798	0,757	0,636	0,596	0,475	0,434	0,782	0,742	0,622	0,582	0,461	0,421

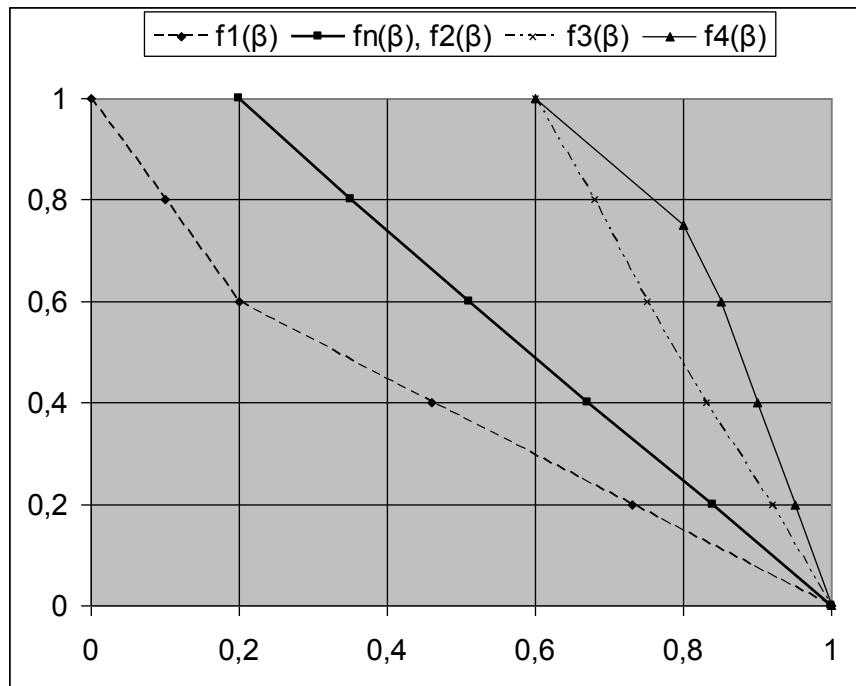


Рис. 5. Графічний вигляд запропонованої методики оцінки вірогідності.

Графіки функцій $f_n(\beta)$ і $f_2(\beta)$ співпали і зображені на рис. 4 жирною лінією. Якщо $\beta = 0,6$, то для того, щоб новий (без СКС) літак був менш катастрофічний, ніж літак з СКС, параметр n повинен бути менше 0,501. При цьому, якщо $n = 0,426$, то значення γ не повинне перевищувати 0,3.

При $\beta = 0,8$, для того, щоб новий (без СКС) літак був менш катастрофічний, ніж літак з СКС, параметр n має бути менше 0,251. При цьому, якщо $n = 0,213$, то значення γ не повинне бути більше 0,151.

Наприклад, при $\beta = 0,8$ це означає, що вірогідність катастроф з вини людини у нового (без СКС) літака повинна бути зменшена майже на 80 %, а вірогідність катастроф з вини техніки зменшена на 85 % в порівнянні з прототипом для того, щоб він став конкурентоздатний по катастрофічності з літаком, обладнаним СКС. Це настільки жорсткі умови для нового (без СКС) літака, що є серйозні підстави вважати: менша вірогідність катастрофи буде у літака, обладнаного СКС.

Слід відмітити, що методика, наведена вище, не дає повноцінної відповіді на питання доцільності застосування систем СКС. Для більш докладного описання необхідно додатково дослідити вірогідність проведення операції спасіння. Для цього необхідно мати експериментальні дані, які б могли підтвердити методику розрахунку.

Таким чином, можна зробити наступні **висновки**:

- Безпека польоту літака, обладнаного СКС, підвищується за рахунок пониження рівня небезпеки ряду катастрофічних ситуацій шляхом їх перетворення на аварійні ситуації. При цьому вірогідність катастрофи зменшується, а вірогідність аварії росте.
- Вірогідність аварії літака, обладнаного СКС, повинна бути понижена на 2...9 % (при $\beta = 0,2...1$), щоб не бути вище за вірогідність аварії прототипу нового (без СКС) літака.
- Зниження надійності і підвищення вірогідності помилкового включення СКС трохи звужують область доцільного її застосування.
- Найбільш чутлива область доцільного застосування СКС до зміни параметра n . Зокрема, якщо вірогідність відмови СКС дорівнює 0,001, то при $n = 0,6$ застосування СКС доцільно, якщо частка катастроф, що допускають застосування СКС, не нижче 42...46 %, а при $n = 0,4$ - не нижче 58...62 % у діапазоні значень $\gamma = 0,1...0,5$.

Список використаної літератури

1. *Исследование области целесообразного применения системы коллективного спасения пассажиров и экипажей в экстремальных условиях* /
2. М.Г. Акопов, А.М. Матвеевко // Общероссийский научно-технический журнал «Полет», 2001. №9. С. 11-14.
3. *Проектирование гражданских самолетов. Теория и методы* / Под ред. академика Г.В. Новожилова. М.: Машиностроение, 1991.
4. Statistics <http://aviation-safety.net>.
5. www.airbus.com.
6. Airbus Forecasts World Aircraft Fleet to More than Double by 2026; Passenger Traffic to Grow 4.9% Per Year <http://www.greencarcongress.com/aviation/index.html>.
7. <http://www.planecrashinfo.com/>.
8. Database <http://unstats.un.org>.
9. *Система менеджмента жизненного цикла наукоемкого изделия* / А.Ф. Стрекалов // Общероссийский научно-технический журнал «Полет», 2006. №4. С. 48-54.
10. *Зарубежные магистральные самолеты ближайшего будущего* / В. В. Беляев // Общероссийский научно-технический журнал «Полет», 2006. №11. С. 29-40.
11. *Зарубежные магистральные самолеты ближайшего будущего* / В. В. Бе-

ляев// Общероссийский научно-технический журнал «Полет», 2006. №12. С. 27-35.

12. *Моделирование* нагружения и формообразования осесимметричного парашюта при раскрытии / В.И. Морозов, А.Т. Пономарев, Ф.Г. Герасимато, В.А. Андросенков // Общероссийский научно-технический журнал «Полет», 2007. №11. С. 35-43.

13. *Медико-технические аспекты* в концепции системы коллективного спасения пассажиров и экипажей самолетов / Г.П. Ступаков, В.И. Морозов, В.В. Ефанов. Е.Н. Кузин// Общероссийский научно-технический журнал «Полет», 2001. №12. С. 56-58.

14. *Коллективное* спасение пассажиров и экипажа самолета. Особенности определения размерности и компоновки самолета / М.Ю. Куприков, В.В. Малышев, А.М. Матвиенко // Общероссийский научно-технический журнал «Полет», 2002. №9. С. 24-29.

15. *Окупается ли спасение?* / М.Г. Акопов, В.В. Андреевский, Ефанов В.В., Кузин В.Н., Морозов В.И. // Общероссийский научно-технический журнал «Полет», 2001. №12. С. 52-55.

УДК 539.3

О. М. Чемерис

ПОПЕРЕЧНІ КОЛИВАННЯ СТРИЖНІВ З ПРУЖНИМИ ОПОРАМИ

Вступ

Формули для визначення частот і форм коливань стрижнів, які використовують в елементах літальних апаратів приведені в [1]. Там же приведені дані для розрахунків частот коливань консольних стрижнів з пружними опорами відносно кута повороту. В довіднику [2] приведені дані для розрахунків частот і форм двохопрного стрижня з однією шарнірною, а іншою пружною кутовою опорою. В [3] приведена методика розрахунку на стійкість стрижня з пружними опорами по відношенню до кута повороту. В конструкції літака стрингери крила та фюзеляжу можна розглядати як стрижні, що пружно кріпляться до нервюр чи шпангоутів. Розглянемо таку задачу по визначенні частот і форм коливань стрижнів з двома пружними