

УДК 504.058:504.06

С.І. Азаров, Г.А. Сорокін

Інститут ядерних досліджень Національної Академії Наук України, Київ

ВИЗНАЧЕННЯ НАСЛІДКІВ АВІАЦІЙНИХ КАТАСТРОФ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ПОВІТРЯНИМИ СУДАМИ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Оцінено стан безпеки Повітряних Сил Міністерства оборони України. З наведених результатів розрахунків слідує, що падіння повітряного судна, або його уламків на об'єкт підвищеної небезпеки не є малоімовірною подією, а точкова оцінка ймовірності такої події може досягти консервативної. У якості мір запобігання вводяться обмеження на польоти, розміщення аеродромів. Конкретні технічні рішення визначаються тим, які типи подій та з яким повітряним судном потрібно враховувати при розробці захисних мір.

Ключові слова: повітряне судно, авіаційна безпека, ймовірність, катастрофа.

Вступ

Щоденно у повітряному просторі України знаходяться декілька повітряних суден (ПС) військового призначення, на яких можуть статися авіаційні катастрофи. За останні 10 років у країнах СНД щорічно стається від 98 до 110 катастроф у військовій авіації. З іншого боку на території України розташовано близько 10 тис. об'єктів підвищеної небезпеки (ОПН) і ймовірність падіння ПС на котрі об'єктивно існує, а її наслідки створюють загрозу ураження населення і навколишнього середовища в межах границь України та на прикордонних територіях.

До ОПН, надзвичайна ситуація на яких може мати важкі наслідки і транскордонний характер, переважно відносяться об'єкти, що містять радіаційну та хімічну небезпеку.

Особливості географічного положення України, наявність великої кількості ОПН та інтенсивного використання повітряного простору авіацією над її територією створюють умови для виникнення небезпечних явищ, пов'язаних з авіаційними катастрофами і падіннями ПС на ОПН.

Такі надзвичайні ситуації технологічного походження характеризуються значною можливістю в часі і просторі та відзначаються надзвичайною різноманітністю проявів і впливів на довкілля. В окремих випадках вони набувають катастрофічного характеру і завдають значних збитків господарству, населенню та державі.

Мега статті полягає в тому, щоб на основі даних про стан авіації в Україні, параметрів ПС, характеристик повітряного руху в районі ОПН, безпеки польотів, балістичних характеристик падаючих ПС або їх обломків оцінити ймовірність їх падіння на ОПН.

Оцінка стану військової авіації в Україні

Існуючий парк військової техніки України складається в основному з ПС виробництва СРСР, які морально і фізично застаріли. До теперішнього часу напрацювання великої кількості ПС старих типів під-

ходить до меж встановлених для них ресурсів.

В результаті цього виникла проблема забезпечення заданого рівня безпеки і надійності тривало експлуатованих ПС, тобто проблема підтримки льотної придатності старіючих ПС.

Повітряні сили МО України складають: бойові літаки у кількості 208 штук (МіГ-29, Су-24МК, Су-24МР, Су-25, Су-27, Су-22МІ); транспортні літаки – 37 штук (Ан-32, Ан-70, Ан-124, Ан-225, Ан-26, Ан-72); бойові вертольоти – 104 штуки (Мі-8, Мі-10, Мі-26Т, Мі-38, Ка-26, Ка-32А, Ка-126), які розташовані на 6 військових аеродромах (м. Луцьк, Дубно, Мукачево, Узин, Умань, Краматорськ).

В табл. 1 наведено експлуатаційно-технічні характеристики ПС військового призначення.

У табл. 2 приведена класифікація ПС по злітній масі.

Безпека польотів є якісною характеристикою загрози при виконанні польотів, кількісну ж її оцінку визначає рівень безпеки польотів.

Рівень безпеки польотів – характеристика авіаційної транспортної системи, що визначається ймовірністю того, що в польоті не виникне катастрофічна ситуація. Іншими словами, рівень безпеки польотів (РБП) – це ймовірність невиникнення катастрофічної ситуації при виконанні польотів.

У визначенні РБП використовуються поняття "авіаційна транспортна система" (АТС) і катастрофічна ситуація (КС), які також необхідно визначити.

елементів (екіпаж, ПС, служби забезпечення польотів тощо), які взаємодіють у процесі виконання польотів і взаємозв'язані функціонально.

Загроза життю і здоров'ю людей не виникає, якщо умови польоту відповідають очікуваним умовам експлуатації, а всі елементи АТС функціонують без відхилень.

Авіаційна транспортна система – сукупність.

Очікувані умови експлуатації - умови, що стали відомі з практики або виникнення яких можна передбачати протягом терміну служби ПС з урахуванням його призначення.

Таблиця 1
Типи ПС та їх польотні характеристики

Тип ПС	Параметри						
	Довжина, м	Висота, м	Розмах крила, м	Злітна маса, тон	Швидкість польоту, км/год	Дах, км	Дистанція польоту, км
Бойові літаки							
Су-24МК	24	6,0	17	39,7	1200	17,0	600
Су-24МР	24	6,0	16	39,7	1200	16,0	650
Су-25	15	5,0	14	19,5	1320	10,0	700
Су-22МИ	13,7	5,0	19	19,4	1300	15,0	700
МІГ-29	11,4	6	17,3	18,5	2500	17,0	1100
Транспортні літаки							
Ан-32Б, 32П	23,8	8,6	29,2	27,01	500	9,5	650
Ан-26	33,8	8,3	29,2	24,0	420	7,3	760
Ан-30	24,26	8,3	29,2	22,1	320	7,3	280
Ан-70	40,7	16,4	44,1	145	800	10,0	7460
Ан-72	23,07	8,25	31,81	33,5	720	11,8	1000
Ан-124 «Руслан»	69,1	21,1	73,6	405	800	11,1	4300
Ан-225 «Мрія»	84,0	18,1	83,4	600	850	11,0	14700
Вертольоти							
Мі-8	25,24	5,65	14,8*	15,1	225	4,5	480
Мі-26Т	40,03	8,05	15,2*	56	255	4,6	670
Мі-10	32,86	7,8	16,0*	43,45	180	4,5	420
Мі-38	19,95	5,56	16,0*	14,75	275	5,0	800
Ка-26	7,75	4,05	12,4*	4,3	130	3,0	465
Ка-32А	12,25	5,4	15,7*	12,6	230	4,5	570
Ка-126	7,75	4,15	13,2*	4,25	160	4,0	660

Примітка: * – діаметр пропелера.

Таблиця 2
Класифікація ПС по злітній масі

Клас	Максимальна злітна маса	
	Літак	Вертольот
I	> 75	> 10
II	30..75	5..10
III	10..30	2..5
IV	< 10	< 2

Очікувані умови експлуатації (ОУЕ) містять у собі:

– параметри стану і впливу на ПС зовнішнього середовища;

– експлуатаційні фактори (склад екіпажа; маси, центрування, конфігурації ПС і особливості його застосування; характеристики аеродромів, повітряних трас, повітряних ліній і маршрутів, наземних засобів забезпечення польоту; періодичність і види технічного обслуговування, ресурс, термін служби, застосовувані паливно-мастильних матеріалів, режими роботи двигунів, мінімуми погоди і т.д.)

– параметри (режими) польоту.

Відхилення в роботі елементів АТС виникають внаслідок виникнення в польоті небезпечних факторів (факторів безпеки), явищ, дій, умов, обставин, недоглядів, відхилень, наявності або відсутності яких вплинуло або могло вплинути на виникнення і розвиток особливої ситуації в польоті.

Особлива ситуація – ситуація, що виникає в польоті в результаті впливу небезпечних факторів (факторів безпеки) або їхніх сполучень, що приводять до зниження безпеки польотів.

Катастрофічна ситуація є одним із видів особливих ситуацій (ОС), які за ступенем небезпеки піділяються на: ускладнення умов польоту (УУП); складну ситуацію (СС); аварійну ситуацію (АС) і катастрофічну ситуацію (КС).

В якості критеріїв ОС, які дозволяють їх ідентифікувати, прийняті наступні:

– ступінь збільшення психофізіологічного навантаження на екіпаж (незначна, помітна, значна);

– ступінь погіршення характеристик стійкості, керованості або льотних характеристик (незначна, помітна, значна);

– положення параметрів польоту щодо обмежень (експлуатаційних і граничних). Експлуатаційні обмеження – умови, режими і значення параметрів, навмисний вихід за межі яких неприпустимий у процесі експлуатації літака. Граничні обмеження – обмеження режимів польоту, вихід за які неприпустимий ні при яких умовах;

– характер дій екіпажа, необхідних для виходу з ОС. Наявність критеріїв ОС дає змогу визначити їх.

Авіаційна подія – подія, зв'язана з використанням ПС, яке має місце з моменту, коли яка-небудь особа піднімається на борт наміром здійснити політ, до моменту, коли всі, що знаходилися на борту особи, залишили повітряне судно, і в ході якого: яка-небудь особа одержує тілесні ушкодження зі смертельним результатом або серйозні тілесні ушкодження, або повітряне судно одержує серйозні ушкодження конструкції або виникла інша загроза безпеки польотів.

Авіаційні події (АП) поділяються на катастрофи, аварії, серйозні інциденти й інциденти.

Катастрофа – АП з людськими жертвами, що призвела до загибелі або пропажі без звістки когонебудь з членів екіпажа або третіх осіб, а також у випадку одержання ними тілесних ушкоджень зі смертельним результатом під час:

а) перебування на даному ПС;

б) безпосереднього зіткнення з якою-небудь частиною ПС, включаючи частини, що відокремилися від даного ПС;

в) безпосередньої дії струменя газів реактивного двигуна;

г) зникнення безвісти ПС. ПС вважається зниклим безвісти, коли був припинений офіційний пошук і не було встановлене місцезнаходження елементів його конструкції. Рішення про припинення пошуку ПС, що пропав безвісти, приймає повнова-

жний орган держави по розслідуванню АП, на території якого відбулася АП;

д) до катастроф відносяться також випадки загибелі кого-небудь з осіб, що знаходилися на борту, у процесі їхньої аварійної евакуації з ПС.

У випадку тілесних ушкоджень, унаслідок яких протягом 30 діб з моменту АП наступила смерть, вони класифікуються як тілесні ушкодження зі смертельним результатом.

Аналіз використання світової військової авіації показує, що число катастроф по всьому парку ВС має стійку тенденцію до зниження. За статистикою авіаційних катастроф в період з 1990 до 2000 рр. загальне число катастроф для літаків типу F-16С, F-18Е, F-22 знизилось з 50 – 80 до 30 на рік, з 0,8 до 0,5 на 10^5 годин польотів, з 0,9 до 0,6 на 10^5 посадок. У країнах СНД ця тенденція залишилась тією ж до 80 раз на рік.

Розрахунок вірогідності падіння літака на об'єкт підвищеної небезпеки

Падіння ПС на ОПН – надзвичайна подія, ймовірність якої визначається в основному рівнем забезпечення безпеки польотів, їх інтенсивністю в даному районі, а також розподілом авіаційних подій по типу і характерним для них наслідкам. Безпека польотів визначається частотою виникнення авіаційних подій на 1 рік польоту і залежить, головним чином, від розвитку військової авіаційної техніки. Інтенсивність польотів в районі ОПН оцінюється з урахуванням адміністративно-організаційних заходів по їх обмеженню і є характеристикою району розташування об'єкту, як і розподіл авіаційних подій по типу.

Як показав аналіз можливих типів авіаційних подій, ураження може виникнути в результаті руйнування ПС у польоті або його некерованого падіння, або втрати екіпажем просторового орієнтування в умовах обмеженої видимості. Під ураженням ОПН в даному випадку розуміється попадання на майданчик із заданими координатами і певного розміру як власне ПС, так і його великих фрагментів у разі руйнування в повітрі.

Для виконання розрахунку ймовірності вразливості ОПН від падіння ПС аналізувались такі дані:

- наявність у межах 4, 10 і 16 кілометрів зон повітряних трас і аеродромів та відстані від найближчих з них до центру проммайданчика;
- інтенсивність і висота польотів ПС на найближчих повітряних трасах;
- типи й характеристики ПС, які можуть пролітати поблизу проммайданчика;
- рівень безпеки польотів;
- статистика авіакатастроф в Повітряних силах МО України.

Для визначення частоти падіння ПС під час польоту (f_{ac}) використовується формула [1]:

$$f_{ac} = \sum_i \sum_j N_{ij} \lambda_j d_j \frac{A_{kj}}{A_m}, \quad (1)$$

де N_{ij} – кількість ПС j -го типу (висота ешелону), пролітаючих за рік по i -му повітряному коридору; λ_j – інтенсивність падіння ПС j -го типу на 1 м польоту; d_j – довжина ділянки повітряного коридору на якому катастрофа ПС j -го типу є небезпечною для ОПН – $d_j = \sqrt{(gh)^2 - b^2}$ – (рис. 1); A_{kj} – площа важливих для безпеки об'єктів ОПН, які ушкоджуються ПС j -го типу; A_m – площа, на яку може впасти ПС j -го типу.

На рис. 1 показані геометричні характеристики ймовірностей моделі падіння ПС.

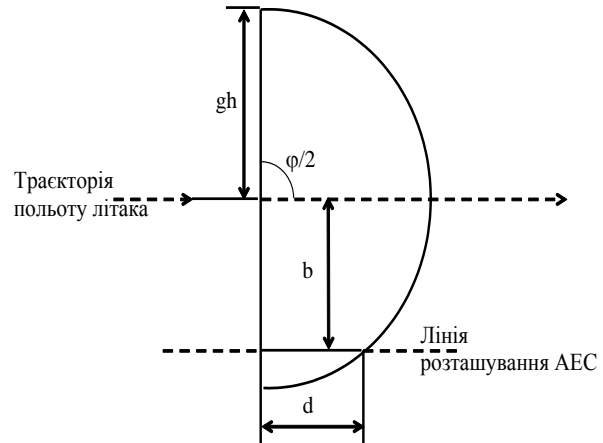


Рис. 1. Геометричні характеристики ймовірностної моделі падіння ПС на ОПН

Якщо прийняти, що катастрофа відбувається на висоті h , то відстань, яку пролетить ПС перед падінням на землю визначається як $g \times h$, де g – коефіцієнт планування (планування ПС до вертикальної втрати висоти). Можна консервативно прийняти, що падіння на землю станеться у будь-якій точці сектора з кутом $\phi=180^\circ$ уздовж траєкторії польоту. Таким чином, площа на яку може впасти ПС (A_{pj}) дорівнює половині площі кола з радіусом $g \times h$ (максимальний коефіцієнт планування ПС (g) складає 17).

На рис. 2 приведені дані для оцінки навантаження від удару $F(MH)$ та області розкиду уламків ПС (площа ураження) при авіаційній катастрофі.

Площа, яка ушкоджується літаком m -го типу може бути розрахована по формулі:

$$A_{mn} = A_m + A_K, \quad (2)$$

де

$$A_m = (WS + R) \cdot H \cdot \text{ctg}\phi + (2 \cdot L \cdot W \cdot WS) / R + L \cdot W; \quad (3)$$

$$A_K = (WS + R) \cdot K, \quad (4)$$

A_m – ефективна площа без урахування сковзання ПС по землі; A_K – ефективна площа сковзання ПС по землі; WS – розмах крил ПС; R – довжина діагоналі цілі = $(L^2 + W^2)^{0.5}$; H – висота цілі; $\text{ctg}\phi$ – котангенс кута між напрямками падіння ПС і горизонталлю; L – довжина цілі; W – ширина цілі; K – довжина сковзання ПС після дотику до землі.

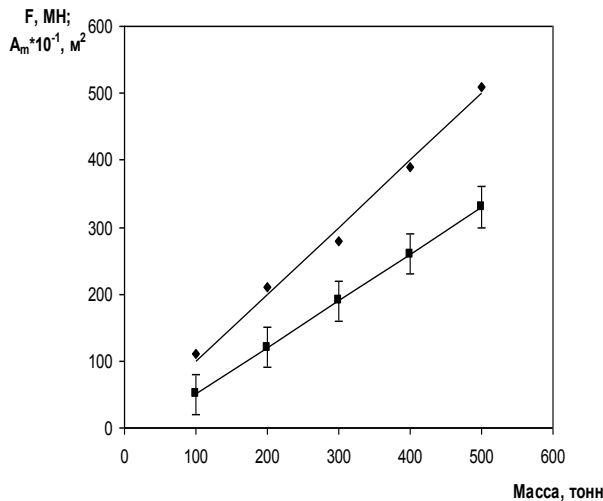


Рис. 2. Дані для оцінки навантаження від удару та область розльоту уламків ПС (дані NTSB (США), ADREP ICAO 0210 АК) [2 – 4]

На рис. 3 приведено розрахунок ефективної площі цілі (ОПН).

Ймовірність ураження ОПН при руйнуванні ПС у польоті:

$$P_1^П = \frac{S_{об}}{S_{пад}^1} \frac{\sqrt{4S_{об}/\pi}}{\pi(L_2 - L_1)}, \quad (5)$$

де $S_{об}$ – площа об'єкту; $S_{пад}^1$ – площа зони розкидання при падінні уламків літака; L_1, L_2 – середні значення відносу уламків (важкого і легкого), які визначаються на основі статистичного аналізу даних про катастрофи, які мали місце та балістичного розрахунку траєкторій уламків для ПС різних типів.

Ймовірність ураження ОПН при падінні на нього некерованого ПС:

$$P_2^П = \frac{S_{об}}{S_{пад}^2} \frac{\sqrt{4S_{об}/\pi}}{\pi R_e}, \quad (6)$$

де $S_{пад}^2$ – площа зони можливого падіння; R_e – радіус зони досяжності, який визначається виходячи з балістичних властивостей ПС, висоти польоту та можливого відхилення від траси польоту.

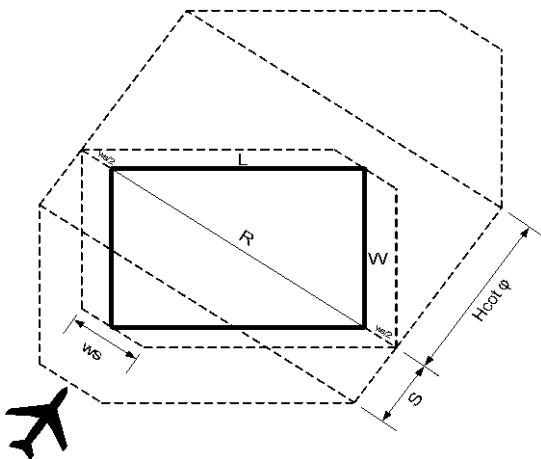


Рис. 3. Розрахунок ефективної площі цілі

Ймовірність ураження ОПН у разі втрати просторової орієнтації в умовах обмеженої видимості. Зіткнення ПС з об'єктом при втраті екіпажем просторової орієнтації в умовах обмеженої видимості може статись тоді, коли літак втратить орієнтацію в повздовжньому (знизиться на недопустимо малу висоту) або боковому напрямку (піде з траси в сторону об'єкта). Ймовірність ураження об'єкта в такому разі для несумісних подій визначається згідно теореми множення ймовірностей як множення $P_m P_p P_b$, де P_m – ймовірність виникнення умов обмеженої видимості поблизу ОПН, яка визначається в результаті статистичного аналізу метеоданих; P_p – умовна ймовірність суміщення місця падіння ПС з ОПН в повздовжньому напрямку; $P_p = 2r/L_0$, де r – розмір об'єкту; L_0 – довжина маршруту в умовах обмеженої видимості поблизу об'єкту; P_b – умовна ймовірність суміщення місця падіння ПС з ОПН в боковому напрямку:

$$P_b = \frac{1}{2} \exp(-D/\sigma) [1 - \exp(-2r/\sigma)], \quad (7)$$

де r – розмір об'єкту; σ – середньоквадратичне відхилення ПС від траси польоту, яке вибирається виходячи з конкретних умов забезпечення польотів по трасі і характеристик ПС, які виконують польоти; D – відстань від об'єкту до траси польоту в горизонтальному напрямку.

Аналіз розподілення авіаційних катастроф по етапам польоту (зліт, набір висоти, маршрут, зниження та посадка) показав, що при зльоті та посадці стається їх значна частина: для бойових літаків вона складає близько 60%, транспортних літаків – близько 37%, вертольотів – близько 54%. Тому для визначення ймовірності ураження ОПН, який знаходиться ближче 50 км від військового аеродрому, для бойових літаків та ближче 10 км для вертольотів необхідно враховувати статистичні дані про безпеку польоту на етапах зльоту та посадки.

У якості вихідних даних для оцінки імовірнісних характеристик авіаційних катастроф Повітряних сил України були використані дані (1991 – 2006 рр.) Отримані оцінки ймовірності та визначені межі довірчих інтервалів для різних значень довірчої ймовірності (табл. 3) [3, 4]. Результати оцінок ураження ОПН при падінні ПС, кількість подій за рік з довірчою ймовірністю $P = 0,95$ для радіаційно небезпечного об'єкту (РНО) та хімічно небезпечного об'єкту (ХНО) наведені в табл. 4.

З наведених результатів в табл. 4 слідує, що падіння ПС або його уламків на ОПН для бойових літаків та вертольотів не є малоімовірною подією, особливо при їх зльоті та посадці. Точкова оцінка ймовірності авіаційної катастрофи з ураження РНО складає для вертольотів $9,86 \cdot 10^{-10}$ та бойових літаків – $2,66 \cdot 10^{-11}$ 1/рік, а для ХНО $1,55 \cdot 10^{-11}$ та $3,99 \cdot 10^{-11}$ відповідно.

Таблиця 3

Розрахункові оцінки виникнення авіаційних катастроф за одну годину польоту при довірчій ймовірності $P = 0,95$

Тип ПС	Нижня довірча межа	Оцінка ймовірності	Верхня довірча межа
Розпушення в польоті			
Бойовий літак	$9,61 \cdot 10^{-5}$	$2,42 \cdot 10^{-4}$	$8,33 \cdot 10^{-4}$
Транспортний літак	$4,92 \cdot 10^{-6}$	$1,21 \cdot 10^{-5}$	$4,26 \cdot 10^{-5}$
Вертоліт	$9,87 \cdot 10^{-7}$	$1,45 \cdot 10^{-6}$	$2,18 \cdot 10^{-6}$
Некерований польот			
Бойовий літак	$2,55 \cdot 10^{-4}$	$4,21 \cdot 10^{-4}$	$1,19 \cdot 10^{-3}$
Транспортний літак	$2,02 \cdot 10^{-5}$	$4,13 \cdot 10^{-5}$	$1,01 \cdot 10^{-4}$
Вертоліт	$3,56 \cdot 10^{-6}$	$4,21 \cdot 10^{-6}$	$5,32 \cdot 10^{-6}$
Зазублення орієнтації			
Бойовий літак	$9,68 \cdot 10^{-5}$	$2,05 \cdot 10^{-4}$	$8,41 \cdot 10^{-4}$
Транспортний літак	$3,14 \cdot 10^{-6}$	$1,03 \cdot 10^{-5}$	$4,25 \cdot 10^{-5}$
Вертоліт	$4,92 \cdot 10^{-6}$	$6,25 \cdot 10^{-6}$	$9,11 \cdot 10^{-6}$

Таблиця 4

Оцінка ймовірності ураження РНО та ХНО, 1/рік

Тип ПС	Нижня довірча межа	Оцінка ймовірності	Верхня довірча межа
РНО			
Бойовий літак	$5,91 \cdot 10^{-13}$	$2,66 \cdot 10^{-11}$	$2,87 \cdot 10^{-10}$
Транспортний літак	$5,45 \cdot 10^{-5}$	$4,60 \cdot 10^{-14}$	$5,25 \cdot 10^{-13}$
Вертоліт	$6,05 \cdot 10^{-10}$	$9,86 \cdot 10^{-10}$	$2,53 \cdot 10^{-9}$
ХНО			
Бойовий літак	$3,72 \cdot 10^{-11}$	$3,99 \cdot 10^{-11}$	$5,64 \cdot 10^{-10}$
Транспортний літак	$5,76 \cdot 10^{-15}$	$4,89 \cdot 10^{-14}$	$5,36 \cdot 10^{-13}$
Вертоліт	$8,45 \cdot 10^{-12}$	$1,55 \cdot 10^{-11}$	$7,88 \cdot 10^{-11}$

Прогноз темпів розвитку Повітряних сил України показує, що за 10 років ймовірність ураження складе для РНО $2,9 \cdot 10^{-8}$ 1/рік, а ХНО – $2,6 \cdot 10^{-9}$ 1/рік.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ АВИАЦИОННЫХ КАТАСТРОФ, СВЯЗАННЫХ С ВОЗДУШНЫМИ СУДАМИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

С.И. Азаров, Г.А. Сорокин

Оценено состояние безопасности Воздушных Сил Министерства обороны Украины. Из приведенных результатов расчетов следует, что падение воздушного судна или его обломков на объект повышенной опасности не маловероятное событие, а точечная оценка вероятности такого события может достигать консервативной. В качестве мер предотвращения вводятся ограничения на полеты и размещения аэродромов. Конкретные технические решения определяются тем, какие типы событий и с каким воздушным судном нужно учитывать при разработке защитных мер.

Ключевые слова: авиационная безопасность, вероятность, катастрофа.

DETERMINATION OF CONSEQUENCES OF AVIATION CATASTROPHES, RELATED TO AIR COURTS OF MILITARY SETTING

S.I. Azarov, G.A. Sorokin

The state of safety of Aircrafts of Department of defense of Ukraine is appraised. It ensues from the resulted results of calculations, that falling of air ship or his wreckages on the object of the promoted danger an improbable not event, but point estimation of probability of such event, can attain conservative. As measures preventions are entered limit on flights and placing of the air fields. Concrete technical decisions are determined those, what types of events and with what air ship it is needed to take into account at development of protective measures.

Keywords: aviation safety, probability, catastrophe.

Висновки

Таким чином, з наведених результатів розрахунків слідє, що падіння ПС, або його уламків на ОПН не є малоймовірною подією, а точкова оцінка ймовірності такої події може досягти консервативної.

У якості мір запобігання падінню ПС на ОПН вводяться обмеження на польоти, розміщення аеродромів, створюються транспортні коридори поблизу ОПН.

Конкретні технічні рішення у значній мірі визначаються тим, які типи подій та з яким ПС потрібно враховувати при розробці захисних мір.

Список літератури

1. Азаров С.І., Сорокін Г.А. *Авіаційні катастрофи та їх можливий вплив на безпеку об'єктів підвищеної небезпеки.* – К.: ІПНБ, 2007. – № 16. – С. 25-37.
2. DOE-STD-3014-96. *Accident analysis for aircraft crash into hazardous facilities.*
3. NTSB/ARC-99/01. *NTSB. Annual Review of Aircraft Accident Data. U.S. Air Carrier Operations Calendar Year 1996.*
4. NTSB/ARC-00/01. *NTSB. Annual Review of Aircraft Accident Data. U.S. General Aviation Calendar Year 1997.*
5. IAEA Safety Guide No. 50 - SG - S5, «External Man-Induced Events in Relation to Nuclear Power Plant Siting», IAEA, Vienna, 1983.
6. Prassinis P.G., Kimura C.Y. *Aircraft Crash Assessment of U.S. Nuclear Power Plant Sitings Using the NRC Methodology, LLNL, UCRL-JC-128664, February 20, 1998.*
7. NUREG/CR-4839. *Methods for External Event Screening Quantification: Risk Methods Integration and Evaluation Program (RMIEP) Methods Development.*

Надійшла до редколегії 6.03.2008

Рецензент: д-р техн наук, проф. О.М. Фоменко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.