

УДК 656.7.08:65.011.3:528.9:656.71(045)

І.Л. Государська, асист.

## ГУСТИНИ ЙМОВІРНОСТІ РОЗМІЩЕННЯ МІСЦЬ АВІАЦІЙНИХ ПОДІЙ ЛЕГКИХ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН В ОКОЛИЦІ АЕРОПОРТІВ

Національний авіаційний університет

E-mail: gil\_@mail.ru

Проаналізовано стан безпеки польотів легких повітряних суден в цивільній авіації. Визначено двовимірний та тривимірний розподіли місць авіаційних подій легких повітряних суден відносно торців злітно-посадкової смуги в околиці аеропортів. Знайдено густини ймовірності розміщення місць авіаційних подій легких повітряних суден при виконанні зльоту та посадки.

**Ключові слова:** авіаційна подія, аеропорт, викочування, густини ймовірності, зліт, злітно-посадкова смуга, зона громадської безпеки, катастрофа, недоліт, переліт, повітряні судна легкої категорії, посадка, ризик третьої сторони, розподіл.

### Постановка проблеми

Останніми роками збільшилась кількість експлуатації легких повітряних суден (ПС). Як правило, це одно- і двомісні ПС з одним поршневим двигуном з максимальною сертифікованою масою не більше 750 кг і швидкістю звалювання в посадковій конфігурації не більше 83 км/год.

Повітряне законодавство держав-учасників Угоди про цивільну авіацію і про використання повітряного простору допускає до експлуатації подібні ПС як одиничні екземпляри без наявності в них сертифіката типу Міждержавного авіаційного комітету (МАК), тільки на основі висновків сертифікаційних центрів.

Ця практика поширюється так само на ПС, що випускаються у великій кількості та мають подібну (типову) конструкцію наприклад, X-32 «Бекас».

У той же час із року в рік збільшується кількість авіаційних подій (АП) легких та надлегких ПС.

Динаміку зміни відносних показників рівня безпеки польотів з розрахунку на 100 тис. год. нальоту на легких ПС цивільної авіації держав-учасників Угоди про цивільну авіацію і про використання повітряного простору з максимальною сертифікованою масою не більше 10 т, наведена на рис. 1 [2; 3; 4].

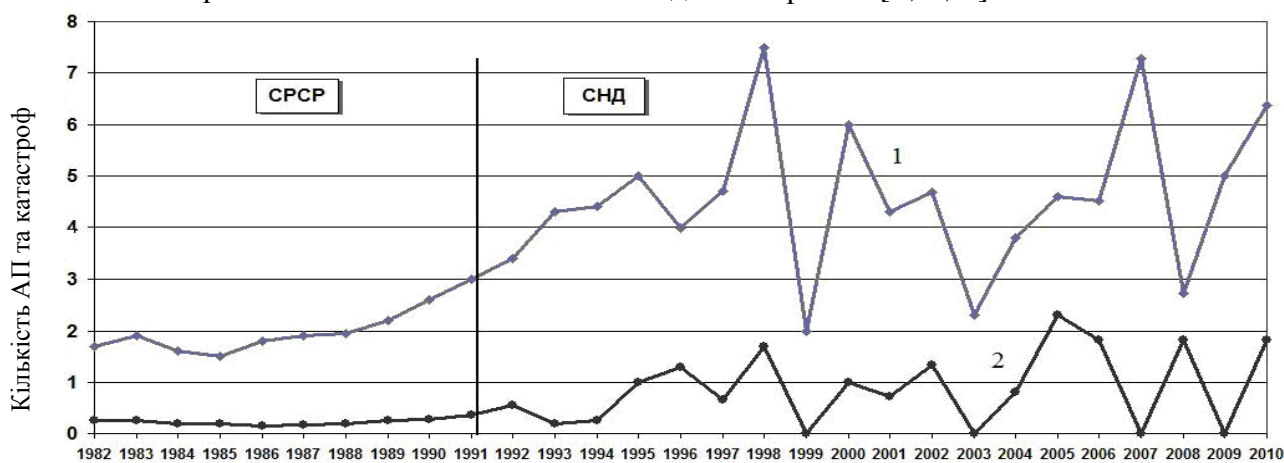


Рис. 1. Кількість АП і катастроф легких ПС на 100 тис. год. нальоту:

1 – авіаційні події

2 – катастрофи

Аналіз динаміки показників рівня безпеки польотів і (кількість АП  $K_{ап}$  і катастроф  $K_k$  на 100 тис. год. нальоту) легких ПС цивільної авіації показав, що за останні 10 років спостерігається ріст відносної кількості АП.

За відносними показниками аварійності свідчить рівень безпеки польотів погіршився в 3–4 рази за 1992–2009 рр. порівняно з 1982–1991 рр.

За даними звітів МАК з 1992 по 2009 р. з легкими ПС із максимально сертифікованою масою не більше 10 т відбулася 221 АП, у тому числі 47 катастроф, у яких загинули 194 людини.

Причини АП переважно об'єднані єдиним причинно-наслідковим зв'язком:

- це стабільно повторюваним сполученням помилок і порушень з боку льотного та наземного персоналу;
- незадовільною підготовкою ПС до виконання польотів;
- недоліками в підготовці в ряді авіакомпаній льотного складу.

Статистичні дані розміщень АП показують, що дві треті подій з легкими ПС відбуваються поблизу злітно-посадкових смуг (ЗПС) в околиці аеропортів.

Велика кількість подій легких ПС відбулися при посадці (торкання та пробігу по ЗПС в результаті грубої посадки, викочування на ґрунт) і зльоті (розбігу та набору висоти).

Підхід до скорочення експлуатаційного ризику АП ПС при зльоті та посадці складається в створенні зон громадської безпеки навколо ЗПС.

Ґрунтуючись на статистичних даних про місця АП під час зльоту та посадки легких ПС була вдосконалена модель ймовірності розміщення місця АП ПС, що є складовою методу оцінки ризику третьої сторони.

**Мета роботи** – моделювання густини ймовірності розміщення місць АП легких ПС з повною злітною масою не більше 4 т та визначення їх розподілу відносно торців ЗПС.

Знайдена густина ймовірності місць АП так само визначає ризик ймовірностей місць розташування АП ПС дуже легкої категорії з повною злітною масою до 750 кг та надлегкої категорії до 450 кг при здійсненні операцій в околиці аеропортів.

### **Розподіли місць авіаційних подій легких повітряних суден**

Дані про місця розташування АП легких ПС, що здійснилися під час етапів зльоту та посадки, збирали за певним типом:

- недольоти;
- перельоти;
- викочування ПС за межі ЗПС.

Створена база початкових даних містить дані координат розміщень АП відносно торців ЗПС з урахуванням розміру ЗПС.

Критерій відбору даних включав ті АП, у яких перша точка зіткнення ПС з землею або завершальне місце здійснення катастрофи розміщували в межах 30 000 м від торця ЗПС.

Таким чином, більш ніж 700 подій були відібрані для формування розвитку моделі розміщення місця АП.

Для моделювання та відтворення вірогідної «форми» розподілу ймовірності місць АП та конфігурації контурів ризиків в околиці аеропортів знайдено достатню кількість початкових даних про місця АП, що здійснилися в усьому світі за останні 30 років [4].

Взагалі невелика та непропорційна кількість даних про місця АП може спотворити «форму» розподілу ймовірності.

Особливо, це стосується АП, що здійснилися на великій відстані від торців ЗПС.

Велику кількість даних про події було взято через мережу Інтернет з відомих світових баз даних:

- ADREP (база даних ICAO);
- база даних Національного органа транспортної безпеки США (NTSB);

- ALPA (АТА);
- Airclaims (США);
- UK (Великобританія);
- ASRS;
- AIDS.

У різних джерелах дані подано в різних системах координат. У цьому описі набору даних використовується декартова система координат щодо торців ЗПС. Деякі дані виключено з аналізу, оскільки був сумнів про коректність визначення місцезнаходження АП. Також виключено повторення в джерелах шляхом вибору даних про АП і тип ПС.

Обробка статистичних даних та всі необхідні розрахунки виконано за допомогою обчислювальною системи STATISTICA.

У такий спосіб отриманий розподіл дає можливість визначити високий ризик імовірностей місць розташування ПС при зльоті та посадки.

Більше ніж 700 АП здійснилися в околиці аеропортів уздовж центральної осі ЗПС у межах 30 000 м від торців ЗПС:

- 363 АП під час зльоту легких ПС (розбіг, початковий набір висоти);
- 337 АП під час посадки (завершення зниження, торкання та пробігу).

Для визначення ймовірності розміщення місця АП легких ПС використовується функція густини ймовірності [5]:

$$f(x, y) = g(y)h(x, y)$$

де  $g(y)$  – функція розміщення місця АП уздовж напрямку подовжньої центральної осі злітно-посадкової смуги (ЗПС);

$h(x, y)$  – поперечний розподіл, перпендикулярний до центральної осі ЗПС.

Функція  $g(y)$  отримана з координати  $y$ , функція  $h(x, y)$  отримана з координати  $x$ , де координата  $y$  відома.

Результати змодельованих графіків розподілу ймовірностей місць АП легких ПС, де були застосовані оброблені вихідні історичні дані місць АП показано на рис. 2 і рис. 3.

Графіки показують розміщення місць АП при посадці та зльоті по двох напрямках:

- уздовж центральної осі ЗПС;
- перпендикулярно центральної осі ЗПС.

Отже, типи подій, що характерні для етапів зльоту та посадки легких ПС мають тенденцію розміщатися досить близько від центральної осі ЗПС.

Розподіл місць АП легких ПС в околиці аеропортів подано у тривимірній проекції у вигляді функції розподілу місця розташування АП (рис. 3).

Зльоти та посадки задані в напрямку осі ОХ. Торець ЗПС з боку зниження ПС перед посадкою прийнятий за центр графіка.

Злітно-посадкова смуга простягається вздовж осі ОХ вправо від центра координатної сітки. Очевидним є зосередження точок місця АП при посадці, біля переднього торця ЗПС (рис. 3).

Вертикальна координата на діаграмі зображує ймовірність АП усередині кожного з осередків у досліджуваній сітці, розбитої навколо ЗПС.

Перший «горб» розподілу місць АП розташований уздовж ЗПС та її продовженої осьової лінії, що визначається подіями при пробігу та посадці ПС.

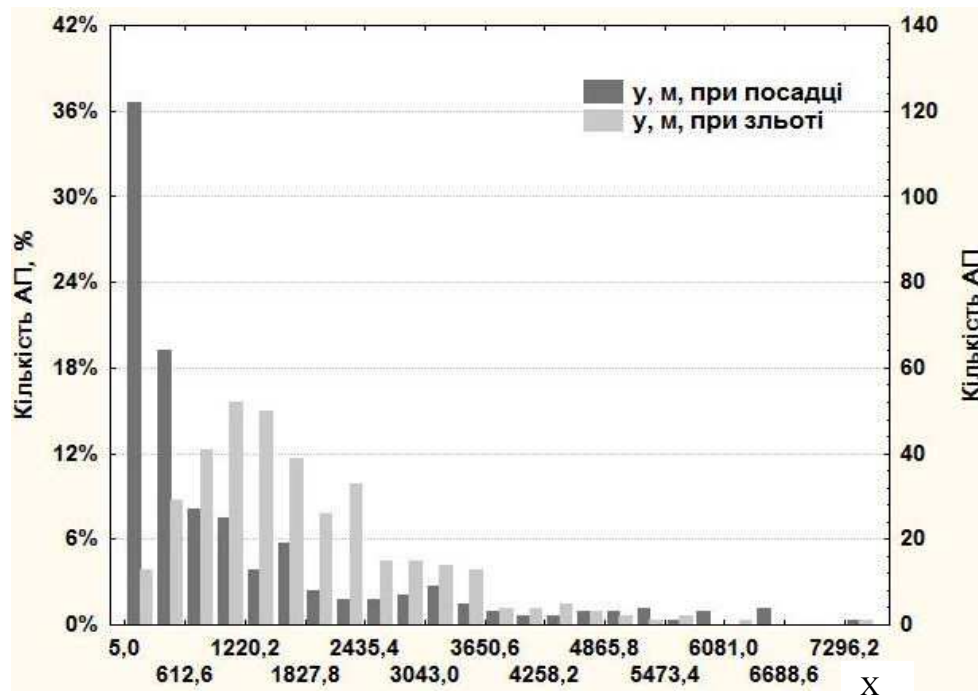
Другий «горб» визначається подіями при розбігу та зльоті ПС.

Аналіз поперечних та повздовжніх координат дозволяє побудувати двовимірний розподіл місць АП в околиці аеропортів (рис. 4).

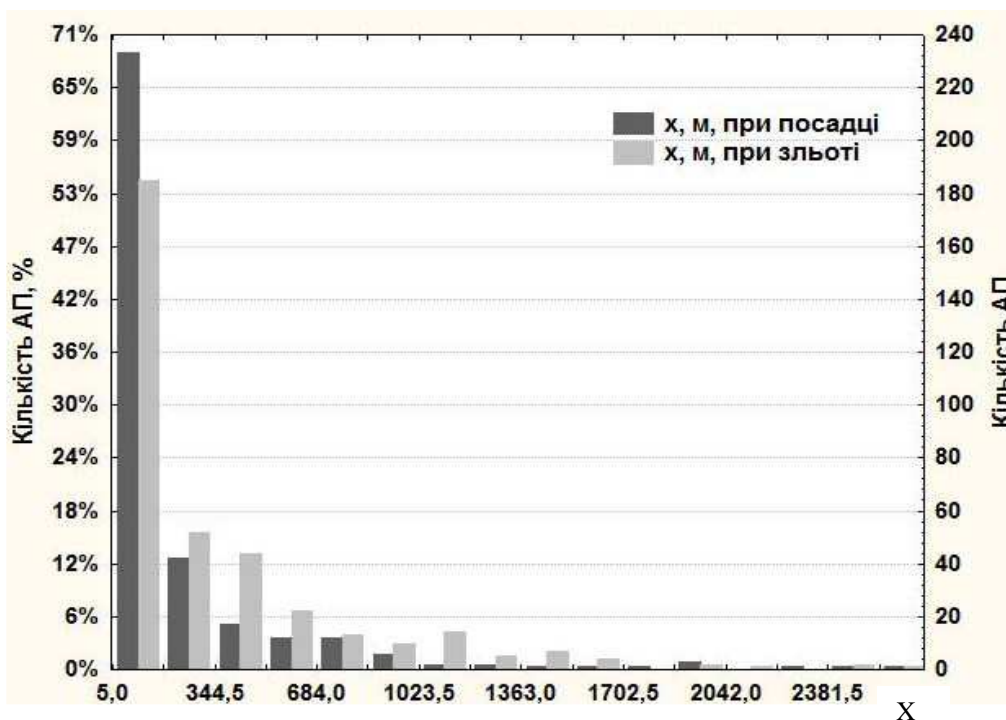
### **Імовірності розміщення місць авіаційних подій**

Модель розміщення місця АП в околиці аеропорту досліджена у вигляді двовимірної та тривимірної густини ймовірності розміщення місць АП при виконанні зльоту та посадки легких ПС.

Густини ймовірності розміщення місць АП при посадці і зльоті є різною (рис. 5).



а



б

Рис. 2. Розподіл видалення місць АП легких ПС:  
 а – від торця ЗПС уздовж центральної осі;  
 б – перпендикулярно центральної осі ЗПС

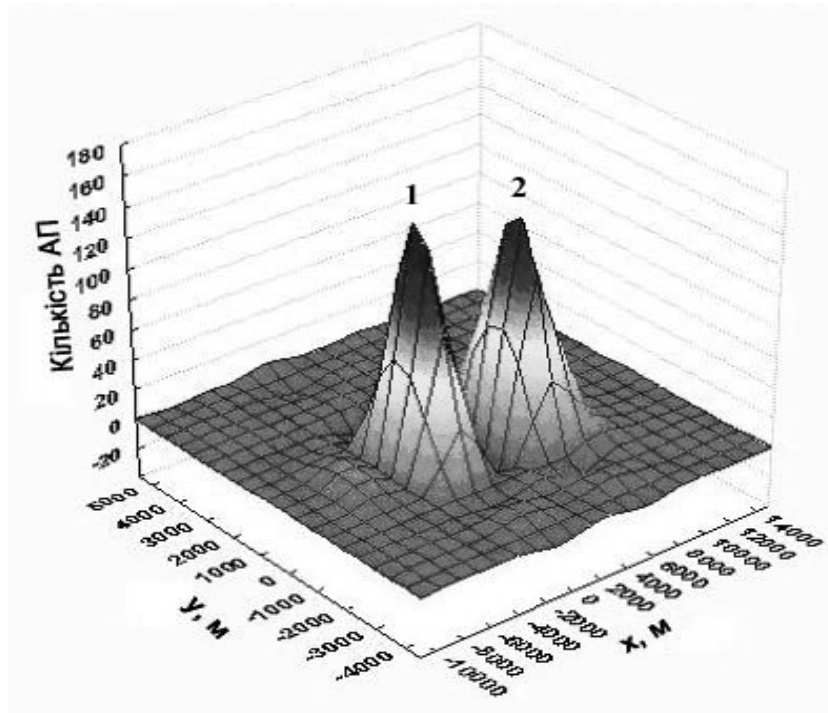


Рис. 3. Тривимірний розподіл місьць АП легких ПС

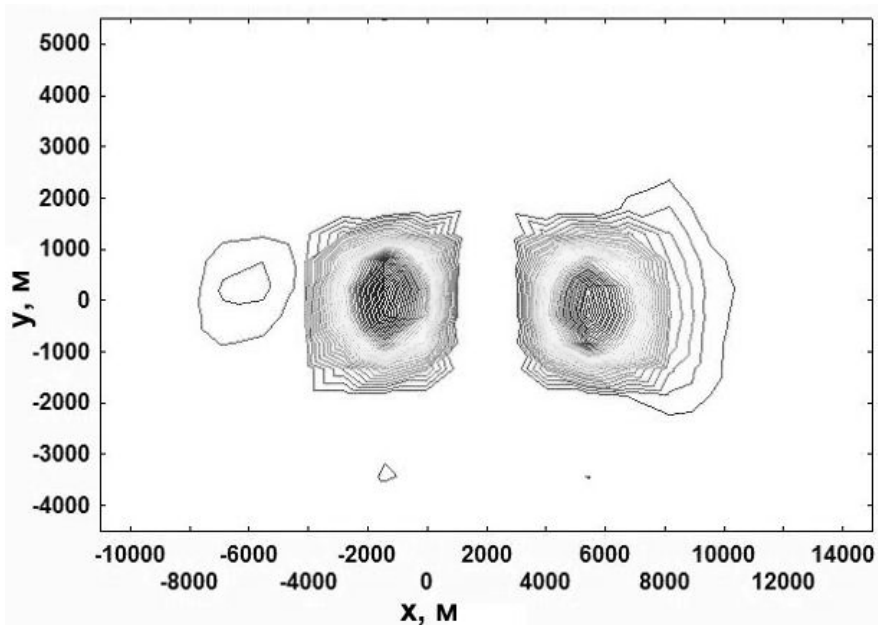
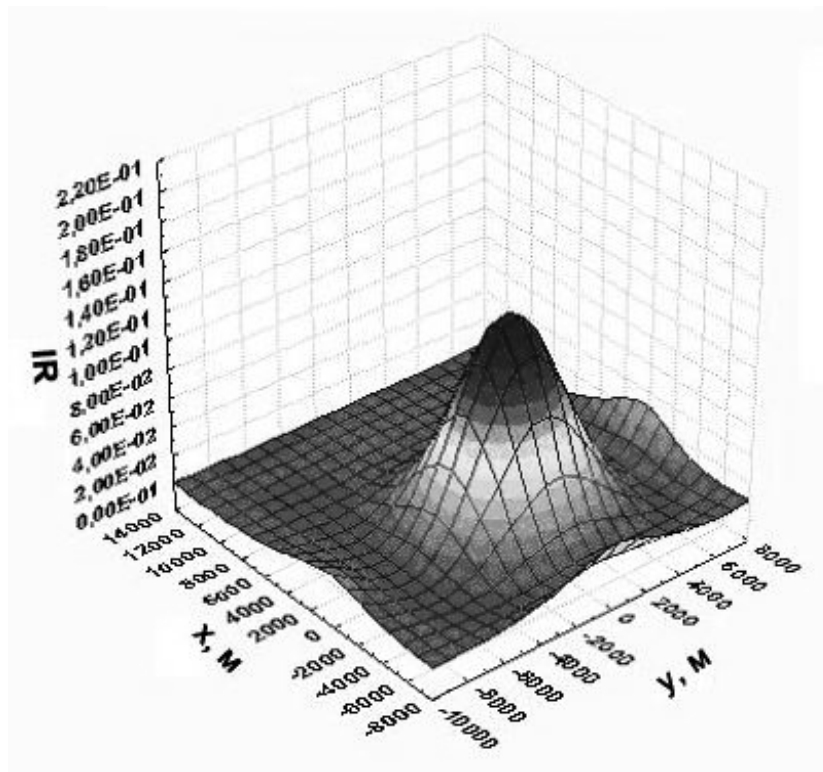
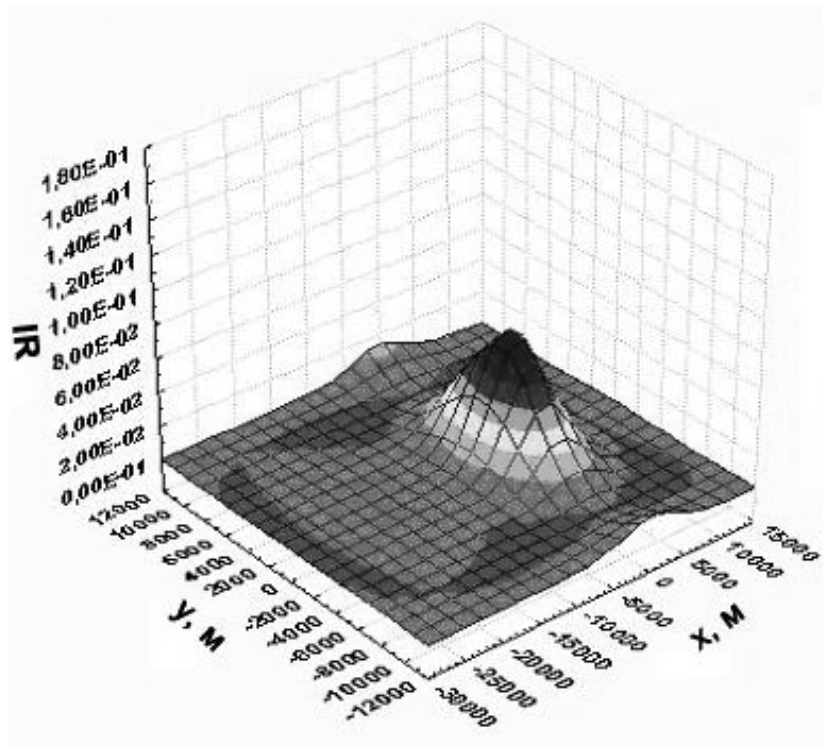


Рис. 4. Двовимірний розподіл місьць АП легких ПС при зльоті та посадці



а



б

Рис. 5. Густина ймовірності розміщення місць АП легких ПС:

а – при зльоті;

б – при посадці

На рис. 5, а показано густини ймовірності розміщення місць АП легких ПС у тривимірній проекції при виконанні зльоту, де найвищий ризик розміщений біля торця ЗПС та дорівнює  $IR = 0,12$ .

На рис. 5, б показано густини ймовірності розміщення місць АП легких ПС у тривимірній проекції при посадці де найвищий ризик розміщений біля торця ЗПС дорівнює  $IR = 0,07$ .

Таким чином, ймовірність місць АП відносно торців ЗПС не однакова для всієї території навколо аеропорту. Отже, ризик розміщення місць АП легких ПС поблизу ЗПС вище, ніж на великій відстані від ЗПС.

Густини ймовірності розміщення місць АП при посадці і зльоті подано у двовимірній проекції у вигляді набору контурів, (рис. 6).

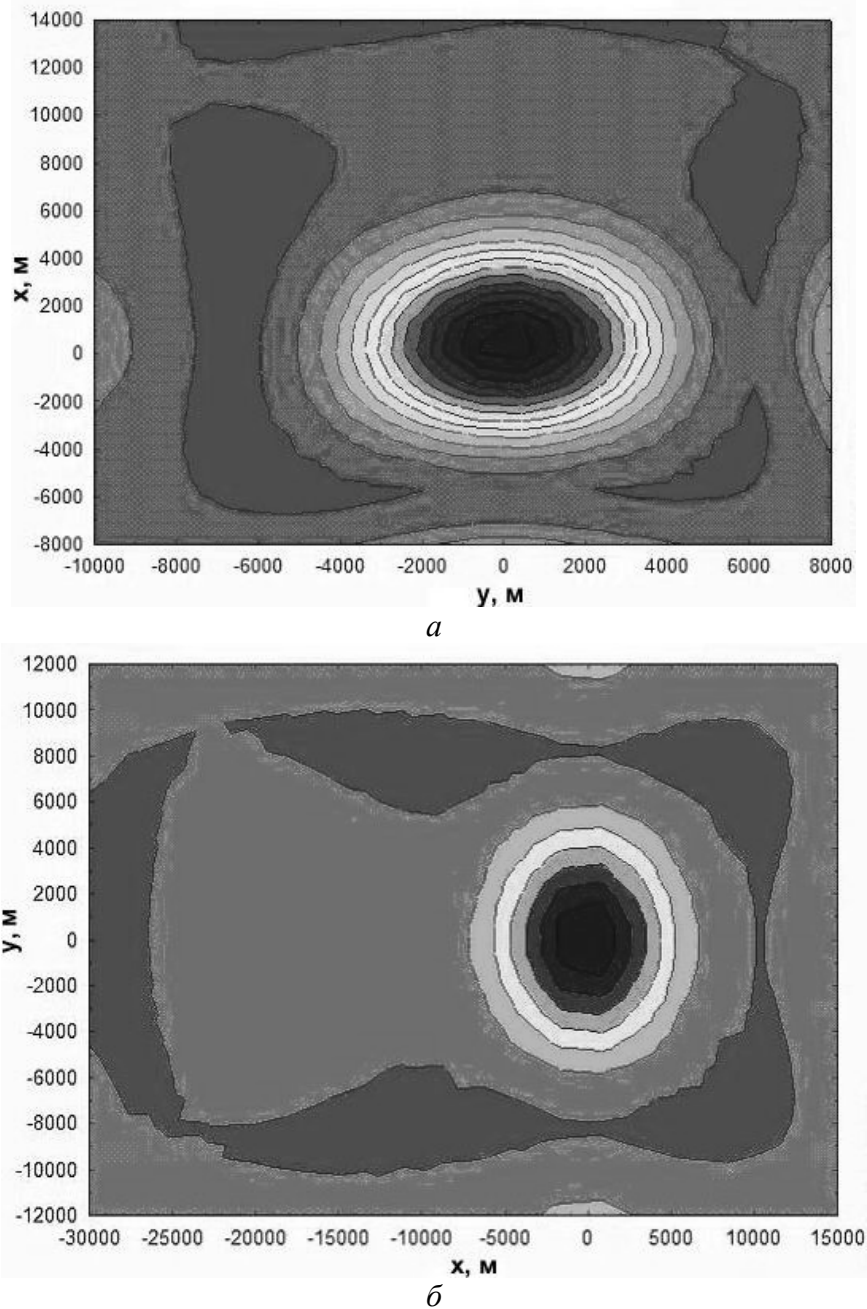


Рис. 6. Густини ймовірності розміщення місць АП легких ПС навколо торця ЗПС у двовимірній проекції:  
а – при зльоті;  
б – при посадці

Конфігурація цих контурів відображає рівень ризиків імовірних розміщень відповідних типів АП навколо торців ЗПС при зльоті та посадці.

Таким чином, існує прогресивне збільшення густини ймовірності місць розміщення АП біля торців ЗПС.

### Висновки

Базуючись на даних про АП легких ПС з повною злітною масою не більше 4 т, що здійснювалися при посадці (торкання та пробігу по ЗПС) і зльоті (розбігу та набору висоти), був знайдений розподіл ймовірностей місць АП за межами ЗПС в околиці аеропортів.

Проаналізовано дані про події типу недоліти, переліти, викочування при посадці/зльоті та бічне викочування.

Визначено розподіл видалення місць АП від торця ЗПС уздовж центральної осі та розподіл видалення місць АП перпендикулярно центральної осі ЗПС, що вказують на високий відсоток здійснень АП на етапах зльоту та посадки ПС.

Знайдена густина ймовірності розміщення місць АП легких ПС являє собою ймовірне розміщення місць АП у найбільшій безпосередній близькості від ЗПС в околиці аеропортів.

### Література

1. *Состояние безопасности полетов в гражданской авиации государств-участников соглашения о гражданской авиации и об использовании воздушного пространства за десятилетний период 1992-2001 гг.:* доклад Межгосударственного авиационного комитета // МАК. – Режим доступа: <http://www.mak.ru/>

2. *Состояние безопасности полетов в гражданской авиации государств-участников Соглашения о гражданской авиации и об использовании воздушного пространства в 2005 г.:* доклад Межгосударственного авиационного комитета // МАК. 2005. – 24 с.

3. *Состояние безопасности полетов в гражданской авиации государств-участников Соглашения о гражданской авиации и об использовании воздушного пространства в 2010 г.:* доклад Межгосударственного авиационного комитета // МАК. 2010. – 48 с.

4. *An enhanced method for the calculation of third party risk around large airports with application to Schiphol / A.J. Pikaar, C.J.M. de Jong and J. Weijts.* – NLR-CR-2000-147. – 2000, April. – 104 p.

5. *Государська І.Л.* Рекомендації щодо дотримання вимог зон громадської безпеки в околиці аеропорту / І.Л. Государська // Вісник НАУ. – 2010. – № 4. – С. 130–135.

Стаття надійшла до редакції 02.06.2011.