

Таким чином для повного задоволення вимог усіх груп споживачів необхідно зменшити ресурси, зменшити терміни надання послуг для задоволення вимог перших двох груп і зменшити вартість послуг для третьої групи потенційних споживачів.

Нехай для виконання цих умов додаткові витрати системи складають множину  $C=(c_1, c_2, c_3, c_4)$ , де  $c_1$  – зменшення прибутків системи за рахунок зниження вартості послуги;  $c_2$  – витрати на збільшення ефективності;  $c_3$  – витрати на удосконалювання експлуатаційно-технологічної бази;  $c_4$  – витрати на підвищення кваліфікації персоналу.

Результати оцінювання державними експертами впливу додаткових витрат на забезпечення вимог до показників послуги також подані у вигляді матриці відношень  $\mu_S(c, y) \rightarrow [0, 1]$ .

$$S = \begin{matrix} & y_1 & y_2 & y_3 \\ \begin{matrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \end{matrix} & \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0,8 & 0 \\ 0 & 0,7 & 0,6 \\ 0 & 0,6 & 0,7 \end{vmatrix} \end{matrix}$$

Визначимо другі проєкції нечіткого відношення  $S$  за тими ж ознаками послуги, що потребують коригування, тобто  $\mu_S^{(2)}(c, y_1) = 1, \mu_S^{(2)}(c, y_2) = 0,8, \mu_S^{(2)}(c, y_3) = 0,7$ .

З отриманих значень проєкції відношень перелік додаткових витрат, необхідних для задоволення вимогам споживачів прийме вигляд:

$$C = \{1c_1, 0,8c_2, 0,7c_4\}.$$

УДК 621.396.96

Авер'янова Ю.А., Авер'янов А.О.

Національний авіаційний університет. Україна, Київ

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АЕРОДИНАМІКИ РІДКИХ ГІДРОМЕТЕОРІВ

### Анотація

*Проведена перевірка фізичної моделі зв'язку поляриметричних параметрів радіолокаційного сигналу з характеристиками вітру за допомогою комп'ютерного моделювання. Модель розроблена з аналізом аеродинамічних сил, що діють на гідрометеори під дією вітру з урахуванням теореми Геймгольца та рівнянь Стокса.*

### Abstract

*The verification of the physical model of radar polarimetric parameters and wind characteristic connection with help of computer modeling was made. The physical model is developed with analysis of aerodynamic forces that influence liquid hydrometeors.*

### Висновки.

Таким чином теорія нечітких множин може бути застосована для аналізу та синтезу математичних моделей розроблення та впровадження міжнародних стандартів з метою поліпшення характеристик продукції та контролю державою експорту наукоємного виробництва. У випадках, коли виконання вимог міжнародних стандартів усіх потенційних споживачів запропонованої продукції не відповідає умові (25), вирішується задача звуження області постачання продукції або припустимого рівня зменшення гаданого прибутку наукоємного виробництва за рахунок втрати певної кількості потенційних споживачів різних груп. У цьому випадку задача контролю державою оптимальних розмірів додаткових витрат за припустимого рівня рентабельності наукоємних виробництв зводиться до задач нечіткого математичного програмування.

### Література

1. ДСТУ ISO 9000-2001. Системи управління якістю. Основні положення та словник. – Чинний від 2001-10-01.
2. Мелкумян В.Г., Семенов А.А. Деякі проблеми експертних оцінок результатів апробації нормативно-керуючої документації цивільної авіації // Вісник КМУЦА. – №1. – 1999. – С. 45–48.
3. Харченко В.П., Кучеренко В.О., Семенов А.А. Методологічні основи аналізу і синтезу систем управління якістю надання послуг // Вісник НАУ. – 2005. – №3 (21).

На наш час існує потреба одержання інформації про складні метеорологічні явища. Існуючі засоби та методи за допомогою яких здійснюється їх локалізація не дозволяють виявляти та робити оцінку небезпечності явищ на достатньому рівні ймовірності [1]. Найбільш складними для виявлення є явища, які характеризуються несподіваним виникненням та зникненням, та для яких не існує інформативного параметру, що достатньо повно відображає природу явища [2]. Особливо важливо виявити ті явища, дія яких може привести до різних катастрофічних подій. Явища, що пов'язані з вітром, а саме: турбулентність, зсув вітру, мікропориви, висхідні та східні рухи повітря, шквали тощо відносяться саме до таких явищ.

На наш час оперативне виявлення небезпечних явищ часто виконують за допомогою радіолокаційних методів. Інформативним параметром в яких, в більшості випадків,

є радіолокаційна відбиваність. Цей параметр дозволяє визначити зони потенційно небезпечних явищ. Інформація, що одержується за допомогою радіолокаційної відбиваності носить більш загальний характер. Вона не дозволяє точно ідентифікувати тип явища та оцінити його структуру. Для одержання інформації про рух атмосферних утворень використовується радіолокаційна відбиваність в доплерівських радіолокаторах, які дозволяють визначити радіальну складову швидкості руху гідрометеорних утворень [1, 3].

Розширити можливості існуючих радіолокаторів можна за допомогою поляризаційних методів. Їх можна використовувати окремо, або в комбінації з доплерівськими методами. Поляризаційні методи дозволяють одержати більш детальну інформацію про фізику явищ.

В даній роботі розглянуто можливості визначення небезпечних явищ, які пов'язані з поведінкою гідрометеорів під впливом динамічних процесів в атмосфері.

Гідрометеори розглядаються як елементарні відбивачі радіолокаційного сигналу форма, рух та орієнтація яких пов'язана з вітровими явищами, та які обумовлюють зміну поляризації випроміненого сигналу.

Для моделювання поведінки рідких гідрометеорів під дією вітрових явищ була розроблена фізична модель зв'язку поляриметричних параметрів радіолокаційного сигналу з характеристиками вітру [4]. Модель розроблена з аналізом аеродинамічних сил, що діють на гідрометеори під дією вітру, з урахуванням теореми Геймгольца та рівнянь Стокса [5,6]. В роботі [7] показано, що дія на краплю сил лобового опору повітря, інерційних сил та сили тяжіння веде до деформації форми краплі та зміни її просторової орієнтації (рис. 1).

В такому випадку, відбитий від краплі радіолокаційний сигнал вміщує інформацію про ці зміни, які, в свою чергу, дозволяють робити висновки про явища, що їх викликають.

Для верифікації розробленої моделі необхіден радіолокатор, який здатен приймати сигнали з різною поляризацією. Через відсутність відповідної апаратури, перевірка моделі проводилась за допомогою комп'ютерного моделювання. Початкова математична модель складена з урахуванням введеної нами раніше постійної часу краплі [7], яка характеризує аеродинаміку гідрометеорів.

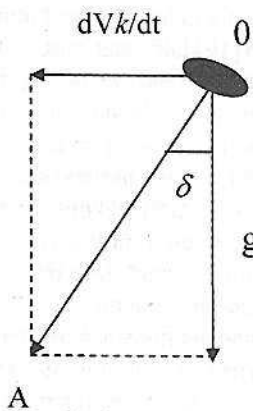


Рис. 1. Діаграма сил, які діють на краплю при наявності вітру, та її просторова орієнтація де  $g$  – прискорення гравітації,  $dV_k/dt$  – прискорення руху краплі,  $\delta$  – кут нахилу краплі.

Постійна краплі визначається виразом:

$$\tau_k = \frac{m}{k} = \frac{\rho D_0^2}{18\mu}, \quad (4)$$

де  $m = \frac{\rho \pi D_0^3}{6}$  – маса краплі;

$D_0$  – еквівалентний діаметр краплі;

$\rho$  – щільність рідини краплі;

$\mu$  – в'язкість повітря.

Швидкість руху краплі розраховувалась відповідно до загального рівняння прискорення руху. За модель зовнішнього збурення був прийнятий синусоїдальний закон зміни вітру для якого характерна зміна градієнта швидкості. Результати розрахунків за розробленою моделлю для краплі діаметром  $D=4$  мм і вітру, що змінюється від 0 до 20 м/сек наведені на рис. 2.

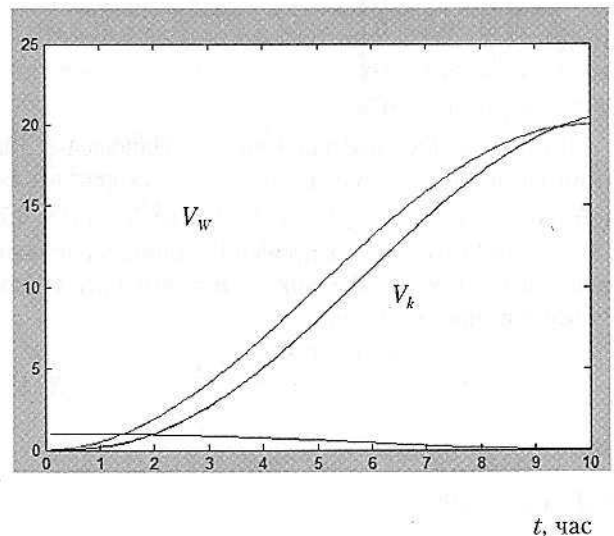


Рис. 2. Рух краплі під дією вітру, що змінюється за синусоїдальним законом та похибка  $\epsilon$  у часі;  $V_w$  – швидкість вітру,  $V_k$  – швидкість краплі

З рис. 2 видно, що:

1. Для руху краплі є характерними два етапи: режим прискорення та режим гальмування. При дії градієнта вітру, крапля рухається, а при відсутності градієнта – гальмується дією аеродинамічних сил.

2. При прикладенні градієнта вітру, швидкість краплі дещо відстає від зміни швидкості вітру. При змінні градієнта, швидкість краплі зменшується, дорівнює, а потім, після закінчення дії градієнта, випереджає швидкість вітру завдяки дії інерційних сил.

Проведене комп'ютерне моделювання поведінки рідких гідрометеорів під дією вітру дозволило зробити висновок про можливість використання поляризаційних параметрів радіолокаційного сигналу, відбитого від рідких часточок для виявлення небезпечних явищ, що пов'язані з вітром.

## Література

1. Яновський Ф. Бортові метеорологічні радіолокатори: Навчальний посібник. К.: НАУ, 2003. – 302 с.
2. Annex 3 - Meteorological Service for International Air Navigation.
3. Doviak R.J., D.S. Zmic. Doppler radar and weather observations. Academic Press, inc., 1993, 522 с.
4. Yu.A. Averyanova, A. Averyanov A, F.J. Yanovsky. "Analysis of the possibility to determine wind parameters ahead the aircraft by using polarimetric airborne radar". International Workshop on Microwaves, Radar and Remote Sensing, Kiev, Ukraine, September 19-21, 2005. MRRS 2005 Proceedings pp. 81–86.
5. Краснов Н.Ф. Аэродинамика, изд. 3-е., Москва, Высшая школа. – 1980.
6. Бусройд Р. Течение газа со взвешенными частицами. – М.: Мир. – 1975.
7. Averyanova Yu. A. "Use of Doppler-Polarimetric parameters for wind phenomena localization" EuRAD 2004, Proceedings of the 34<sup>th</sup> European microwave Conference, 11-15 October 2004, Amsterdam, The Netherlands
8. Мирский Г.Я. Аппаратурное определение характеристик случайных процессов. Изд. 2-е переработанное и доп., М.: Энергия, 1972. – 456 с. с ил.

УДК 621.396.96

Харченко В.П., Кондратюк В.М., Трикоз В.П., Вишнякова Є.В., Газнюк М.О.  
 Національний авіаційний університет. Україна, Київ

### ВПРОВАДЖЕННЯ СУПУТНИКОВИХ НАВІГАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗВ'ЯЗКУ В СИСТЕМУ МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ РУХОМИМИ ОБ'ЄКТАМИ

## Анотація

Сформульовано принципи побудови автоматизованих систем моніторингу та управління рухомими об'єктами, що використовують супутникові технології глобальної навігації та зв'язку.

Обґрунтовується необхідність та достатність використання супутникової радіонавігаційної системи GPS для технології моніторингу та управління рухомими об'єктами, що забезпечують точне місцевизначення об'єкта.

## Abstract

The construction principles of the automated system of monitoring and control of mobile objects, which are utilized satellite technique of global navigating and communications.

The necessity for monitoring and control of mobile objects is substantiated to use technologies, which provide radio navigation, place position mobile objects at the expense of usage satellite radionavigation system GPS.

Актуальною проблемою на сьогодні є моніторинг та управління рухомими об'єктами з метою його подальшого, найбільш адекватного з економічної і технічної точки зору використання, або забезпечення безпеки пересування пасажирів, небезпечних вантажів, а також попередження катастроф спеціалізованих транспортних засобів. Для попередження зіткнень літаків та інших транспортних засобів на землі в робочій зоні аеропорту, ІКАО розробило рекомендації (A-SMGCS - Surface Movements Guidance and Control System (Вдосконалена система супроводження та управління рухом по поверхні аеродрому)) з обов'яз-

ковим застосуванням в аеропортах спеціальних технічних вимог по підвищенню безпеки руху в робочій зоні аеропорту (літаків, транспортних засобів технічного обслуговування, а також окремих груп осіб). При цьому в розрахунок приймаються такі параметри як: оперативність і вірогідність одержання інформації, надійний спосіб її одержання, можливість швидкого і всебічного аналізу. Застосування наукоємних технологій дають змогу реалізувати задачу моніторингу та управління рухомими об'єктами, що базується на принципі визначення місцеположення об'єкта за допомогою супутникової радіонавігаційної системи Global Position System (GPS).

Принцип визначення місцеположення об'єкта полягає у вимірюванні дальності від споживача до навігаційних супутників (НС), з відомими координатами, за часом затримки розповсюдження сигналу від НС до споживача:

$$D = cT, \quad (1)$$

де  $D$  – дальність від НС до споживача;  $c$  – швидкість світла;  $T$  – час розповсюдження сигналу від НС до споживача. Час розповсюдження вимірюють в результаті зіставлення двох однакових псевдовипадкових кодів, один з яких приходить з НС, а другий генерується апаратурою споживача (рис. 1). При цьому момент випромінювання псевдовипадкового коду передається самою навігаційною системою.

Якщо позначити координати  $i$ -го НС  $X_i, Y_i, Z_i$ , а координати споживача  $X, Y, Z$ , то дальність від  $i$ -го НС до споживача (рис. 1)

$$D_i = \sqrt{(X_i - X)^2 + (Y_i - Y)^2 + (Z_i - Z)^2}. \quad (2)$$

Вираз (2) описує ідеальний випадок, коли відсутні, будь-які, похибки вимірювань. Проте в реальних умовах