

## ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертаційну роботу Пітерцева Олександра Андрійовича «Інформаційна технологія виявлення зон потенційного обледеніння повітряних суден», представленій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – Інформаційні технології

### 1. Актуальність теми та зв'язок з науковими планами і програмами

1.1. Розвиток цивільної авіації та підвищення інтенсивності авіаперевезень має супроводжуватися підвищенням вимог і забезпеченням необхідного рівня безпеки. Це вимагає вирішення наукових та технічних завдань, які пов'язані із підвищенням безпеки та регулярності польотів повітряних суден (ПС). Одним з найважливіших факторів впливу, який перешкоджає їх виконанню, є небезпечні метеорологічні явища, які призводять зокрема, до обледеніння і підвищенню ризиків аварій ПС. Тому важливим є розроблення інформаційних технологій і систем, які здійснюють прогнозування та превентацію небезпечного обледеніння та їх впровадження в практику. Отже, тематика дисертації Пітерцева Олександра Андрійовича, пов'язана з розробленням нових методів аналізу та обробки даних бортових метеонавігаційних інформаційних комплексів ПС для створення інтегрованої системи попередження і прийняття рішень щодо існування зон небезпечного обледеніння під час польоту, є актуальною.

1.2. В дисертації сформульовано для вирішення актуальну науково-прикладну задачу розроблення методів виявлення зон небезпечного обледеніння (ЗНО) і математичних моделей дистанційного зондування атмосфери для поліпшення якості інформації про метеорологічні об'єкти і явища і підвищення безпеки ПС.

1.3. Дослідження виконувалися за замовленням Міністерства освіти і науки України, які виконувались на кафедрі електроніки Національного авіаційного університету в рамках проектів НДР (номер держреєстрації 0104U000674), а також міжнародних програм кооперації з університетами Нідерландів і Польщі.

### 2. Аналіз змісту дисертації. Ступінь обґрунтування наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації

2.1. *Дисертаційна робота* складається з вступу, 4 розділів, висновків, списків використаних джерел із 123 найменувань, 5 додатків, і містить 216 сторінок разом із додатками. У роботі наведено 105 рисунків та 8 таблиць.

У вступі та у першому розділі сформульовано наукову задачу дисертаційної роботи, обґрунтовано актуальність теми, показано її зв'язок з науковими програмами, темами, подано мету і завдання дослідження, приведено основні наукові результати дисертаційного дослідження та показано їх практичне значення. Представлено відомості про апробацію роботи та дані про особистий внесок здобувача в колективних публікаціях.

За темою дисертації зроблено досить повний і детальний огляд науково-технічних джерел, у тому числі сучасних англомовних праць, і проаналізовано відповідні моделі, методи і засоби оцінювання та захисту ПС від обледеніння обґрунтовано показників ефективності та запропоновано структурно-логічну схему інформацій радіотелеметричних систем.

*Зауваження.* Більш ретельного, на нашу думку, аналізу потребують обмеження та вимоги, пов'язані з надійнісними показниками систем оцінювання ЗНО та їх взаємодії з бортовими системами протиобледеніння, які безпосередньо контролюють та зменшують товщину льоду.

2.2. У другому розділі обґрунтовано і розроблено математичну модель для розрахунку поляриметричних параметрів сигналу, відбитого від складних метеорологічних цілей що містять краплі дощу, краплі переохолодженої води у складі хмари, кристали льоду, шар танення та сукупність цих частинок у різних пропорціях. Модель стала підґрунтям для розроблення методу оцінювання інформативних поляриметричних параметрів зон небезпечного обледеніння.

Визначено ряд параметрів радіолокатора і цілі, які були використані для побудови математичної моделі відбиття сигналів від метеорологічного об'єкта. Ці параметри включають в себе координати окремої частинки у сферичній системі координат відносно початкового положення: кут повороту частинки в горизонтальній площині; кут повороту частинки у вертикальній площині; кут повороту частинки у фронтальній площині, або кут поляризації; кут нахилу радіолокатора до площини горизонту.

Запропоновано також структурно-аналітичну схему методу оцінювання інформативних поляриметричних параметрів ЗНО. Важливо, що метод дозволяє оцінювати основні поляриметричні інформативні параметри відбитого сигналу бортової інформаційної метеорологічної системи, що надає базу для створення методів розпізнавання зон потенційного обледеніння літаків, і, таким чином, підвищення безпеки польотів ПС.

*Зауваження.* Доцільно було б визначити безпосередній кількісний зв'язок показників, які досліджуються, і показників безпеки.

2.3. У третьому розділі проведено верифікацію методу оцінювання інформативних поляриметричних параметрів ЗНО. Автор ретельно проаналізував і опрацював експериментальні дані, отримані під час виконання ряду незалежних вимірювань, виконаних в різних умовах. Вдосконалено метод визначення та класифікації небезпечних метеорологічних явищ за допомогою бортової метеорологічної інформаційної системи шляхом додавання процедури визначення нового класу об'єктів – ЗНО. Важливо, що основними джерелами вихідних експериментальних даних були дослідження хмар і опадів, виконані в Нідерландах у Міжнародному дослідницькому центрі радіолокації при Делфтському технічному університеті.

Запропоновано також послідовність операцій для визначення зон небезпечного обледеніння за допомогою бортової метеорологічної інформаційної системи і обґрунтовано вимоги до порогових рівнів її основних параметрів. Це дозволило удосконалити метод визначення та класифікації небезпечних метеорологічних явищ за допомогою бортової метеорологічної

інформаційної системи шляхом додавання нового класу об'єктів – зон небезпечного обледеніння, що надає можливість розширити перелік небезпечних метеорологічних явищ, які діагностуються під час польоту ПС, що, в свою чергу, підвищує безпеку польотів.

*Зауваження.* Частина підрозділу 3.1 має оглядовий характер і тяжіє до першого розділу. Аналіз апаратурних характеристик і особливостей доцільно було б перенести у додатки. Крім того, не досить чітко визначена процедура верифікації, про яку йдеться у дисертації та авторефераті.

2.4. У *четвертому розділі* оцінено достовірність виявлення зон ЗНО, за допомогою методу, що був обґрунтований у третьому розділі. Це надало змогу зробити наступний крок і запропонувати метод багатопараметричного оцінювання ступеня загрози обледеніння на основі аналізу поляриметричних параметрів відбитого сигналу, параметрів ПС та маршруту.

Зазначений метод став підґрунтям для інформаційної технології виявлення зон потенційного небезпечного обледеніння ПС. Автор довів: якщо обрані діапазони значень поляриметричних вхідних змінних, висота польоту та температура метеорологічного об'єкта відповідають умовам існування переохолоджених рідких, швидкість польоту недостатня для кінетичного нагріву корпусу ПС, час перебування у зоні небезпеки досить великий, то запропонована система попередження ЗНО діагностує найвищий рівень небезпеки можливого обледеніння.

*Зауваження.* Автор зазначає, що на основі розроблених моделей і методів удосконалено інформаційну технологію підвищення ефективності функціонування інформаційних систем безпеки польотів ПС, яка дозволяє виявляти зони потенційного обледеніння повітряних суден під час польоту та надає можливість підвищити безпеку завдяки уникненню цих зон або завчасного попередження пілотів про небезпеку обледеніння повітряного судна. Таким чином є певна розбіжність у формулюванні інформаційних технологій (див. тему дисертації та п'ятий результат досліджень). Тобто ІТ виявлення ЗНО ПС є складовою більш загальної технології підвищення ефективності функціонування інформаційних систем безпеки польотів ПС.

2.5. *Обґрунтованість держаних наукових результатів* базується на коректному використанні теорії системотехнічного проектування, теорії ймовірностей, математична статистика, теорії сигналів, радіолокації і поляризації електромагнітних хвиль. Для побудови комп'ютерних моделей використовувалися методи математичного моделювання з реалізацією програмного забезпечення в середовищах Mathcad, MatLab і Simulink.

Класичний математичний апарат і сучасний інструментарій моделювання використовується коректно. Автор обґрунтовує припущення, значення вхідних параметрів та отримані теоретичні та експериментальні результати. Висновки до розділів не тільки фіксують результати, але й формулюють рекомендації для подальшого використання і впровадження.

### **3. Наукова новизна одержаних результатів**



### 3.1. *Новими є наступні положення дисертаційної роботи:*

- вперше розроблено математичну модель, яка на відміну від існуючих дозволяє обчислювати параметри електромагнітних хвиль, відбитих від кристалів льоду, крапель переохолодженої рідини та шару танення у хмарах, що надало можливість врахувати поляриметричні характеристики основних типів розсіювачів та їх особливості у небезпечних для польоту метеорологічних умовах;

- розроблено новий метод оцінювання поляриметричних інформативних параметрів зон небезпечного обледеніння, у якому на відміну від існуючих методів ураховуються результати математичного моделювання відбиття сигналів у різних випадках, що дозволяє підвищити якість оброблення поляриметричних даних;

- удосконалено метод визначення та класифікації небезпечних метеорологічних явищ за допомогою бортової метеорологічної інформаційної системи шляхом додавання процедури ідентифікації нового класу об'єктів зон небезпечного обледеніння, що дозволяє розширити перелік небезпечних метеорологічних явищ, інформацію про існування та розвиток яких може бути отримано в оперативному режимі;

- уперше розроблено метод багатопараметричного оцінювання ступеня загрози обледеніння, у якому використовуються поляризаційні характеристики електромагнітних хвиль, відбитих від метеорологічних об'єктів, а також параметри повітряного судна і маршруту польоту, що дало змогу інтегрувати отримання інформації про очікувані метеорологічні умови польоту і підвищити якість управлінських рішень.

3.2. *Означені результати сформульовано в цілому відповідно до дисертації і автореферату.* Різниця полягає у тому, що, на наш погляд, сформульований автором результат «удосконалено інформаційну технологію підвищення ефективності функціонування інформаційних систем безпеки польотів повітряних суден на основі розроблених методів та моделей, що надало можливість виявлення зон потенційного обледеніння повітряних суден під час польоту та підвищення якості оброблення інформаційних сигналів щодо метеорологічної обстановки» має бути інтегруючим і співпадати з формулюванням технології, винесеної у назву дисертації (інформаційна технологія виявлення ЗНО ПС).

3.3. *Наукові результати автора є вагомим внеском у розвиток методів, моделей та технологій підвищення безпеки польотів повітряних суден шляхом виявлення і оцінювання небезпечності зон обледеніння.*

## 4. Достовірність отриманих результатів та висновків

*Достовірність отриманих наукових результатів* підтверджується:

– коректним використанням і узгодженістю результатів аналітичного та комп'ютерного моделювання для оцінювання ЗНО;

– позитивними результатами опрацювання моделей і методів на реальних системах ПС та результатами їх практичного впровадження;

– обґрунтованими рекомендаціями щодо практичного використання наукових положень, які використано при виконанні НДР і ОКР.

## **5. Практична цінність результатів та їх подальше використання**

5.1. Практична цінність результатів полягає у розробленні низки алгоритмів, програмно-апаратних засобів і системних рішень, які впроваджено або рекомендовано до впровадження. Зокрема, запропоновано вдосконалену інтегровану інформаційну систему попередження про небезпечні метеорологічні явища, яка здатна аналізувати інформацію метеонавігаційних радіолокаційних систем, що отримана під час сканування кристалічних та рідких опадів у широкому діапазоні розмірів розсіювачів (від 0.01 до 10 мм) на предмет наявності ЗНО ПС.

Важливо, що за результатами роботи отримано два патенти на корисні моделі: спосіб виявлення зон небезпечного обледеніння, та пристрій для його реалізації.

5.2. Акти впровадження результатів підтверджують використання наукових положень, висновків і рекомендацій у держбюджетних науково-дослідних роботах, навчальному процесі Національного авіаційного університету, а також проекті створення першого наземного когерентного радіолокатора для метеорологічних комплексів.

5.3. Подальше використання результатів дисертаційних досліджень доцільно в університетах, на кафедрах, які займаються розробленням та впровадженням навчальних курсів зі складних радіоелектронних і комп'ютерних систем, а також у НДІ і КБ, які спеціалізуються у розробленні інформаційного метеорологічного забезпечення безпеки польотів повітряних суден для розпізнавання небезпечних метеорологічних явищ; метеорології для дослідження природних процесів, що впливають на зміну погоди і підвищення точності прогнозів; гідрологічних і кліматологічних дослідженнях для оцінювання кількісних та якісних характеристик хмар та опадів; інформаційних системах передавання та оброблення даних за адаптації для конкретних умов поширення радіохвиль.

## **6. Оформлення дисертації та автореферату. Повнота публікацій**

6.1. Автореферат і дисертацію оформлено відповідно з новими, досить ускладненими у черговий раз, вимогами.

6.2. *Основні результати дисертації опубліковано у 27 публікаціях, із них 1 – у іноземному періодичному виданні (Словаччина), 6 – у фахових журналах України і за кордоном. Треба особливо відмити безпрецедентні за кількістю та якістю чисельні показники – 21 публікацію у міжнародній наукометричній базі Scopus із h-індексом = 4. Наукові результати доповідалися на 9 міжнародних конференціях в Україні, Німеччині, Великобританії, Франції.*

6.3. *У дисертації і авторефераті основні положення, результати і висновки сформульовані коректно і зрозуміло. Текст дисертації логічно структурований. Графічний матеріал доповнює зміст роботи. Автореферат*

об'єктивно відображає основні результати дисертації. Автор в цілому коректно використовує наукову термінологію і термінологію, яка сформувалася у предметній області.

## **7. Зауваження, дискусійні питання**

7.1. Частина зауважень до змісту дисертації сформульовано у пп. 2.1-2.4, 3.2. Крім того, слід відзначити таке:

- мету дисертації сформульовано як (стор. 18) «підвищення ефективності функціонування інформаційних систем безпеки польотів повітряних суден на основі вдосконалення інформаційної технології виявлення зон потенційного обледеніння...». Але, не зовсім зрозуміло, як саме визначаються показники підвищення ефективності функціонування інформаційних систем безпеки польотів ПС;

- автор визначає предмет досліджень (стор. 19) як «поляриметричний аналіз та оброблення інформаційних сигналів, отриманих під час сканування простору, та виявлення зон можливого обледеніння повітряних суден». Це певним чином розбігається з темою дисертації. На нашу думку, предмет мав би включати у явному вигляді моделі, методи та інформаційну технологію виявлення зон обледеніння повітряних суден;

- доцільно було б більш системно надати результати впровадження і визначити напрями подальших досліджень.

7.2. *Зауваження і недоліки не є такими, що впливають на кінцеві висновки.* Вони можуть також розглядатися у контексті напрямів подальших досліджень.

## **8. Висновки**

8.1. *Представлена дисертація є завершеною роботою, у якій отримано нові науково обґрунтовані результати.* У дисертації розв'язано науково-прикладну задачу розроблення методів виявлення зон небезпечного обледеніння і математичних моделей дистанційного зондування атмосфери для поліпшення якості інформації про метеорологічні об'єкти і явища і підвищення безпеки повітряних суден. Означені методи і моделі, а також програмно-апаратні засоби утворюють прикладну інформаційну технологію виявлення зон потенційного обледеніння повітряних суден.

8.2. *Одержані наукові та практичні результати є вагомим внеском у розвиток методів, моделей та технологій підвищення безпеки польотів повітряних суден і свідчать про високий професійний рівень дисертанта.* *Зміст роботи відповідає напору спеціальності 05.13.06 – Інформаційні технології, а саме формулі «...теоретичні і методологічні основи та інструментальні засоби створення і використання інформаційних технологій у різних галузях людської діяльності; розроблення критеріїв оцінювання і методів забезпечення якості, надійності, відмовостійкості, живучості інформаційних технологій і систем...» та пунктам:*

– Розроблення інформаційних технологій для аналізу та синтезу структурних, інформаційних і функціональних моделей об’єктів і процесів, що автоматизуються;

– Створення інформаційних технологій для розроблення моделей і методів контролю, класифікації, кодування та забезпечення достовірності інформації...;

– Моделювання предметних галузей інформаційних систем (аналітичне, імітаційне, інфологічне, об’єктно-орієнтоване, тощо) на підґрунті створення і застосування відповідних інформаційних технологій.


8.3. Вважаю, що дисертаційна робота «Інформаційна технологія виявлення зон потенційного обледеніння повітряних суден» *цілком відповідає* вимогам пп. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», що пред’являються до кандидатських дисертацій, а її *автор* – Пітерцев Олександр Андрійович *заслуговує* на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – Інформаційні технології.

Офіційний опонент – завідувач кафедри комп’ютерних систем та мереж  
Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»  
заслужений винахідник України  
доктор технічних наук, професор

  
В.С. Харченко

23 січня 2018 р.

Підпис Харченка Вячеслава Сергійовича засвідчую.  
Проректор Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут» з наукової роботи  
доктор технічних наук, професор

  
О.В. Гайдачук

