

Голові спеціалізованої вченої ради  
Д 26.062.19 при Національному  
авіаційному університеті  
м. Київ, пр. Любомира Гузара, 1

## ВІДГУК

офіційного опонента - доктора технічних наук, професора,  
Баранова Георгія Леонідовича  
на дисертаційну роботу Волкогон Вікторії Олексіївни  
«Підвищення ефективності математичного забезпечення автоматизованого  
синергетичного управління повітряними рухомими об'єктами»,  
подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук  
за спеціальністю 01.05.03 «Математичне та програмне забезпечення  
обчислювальних машин і систем»

**Актуальність обраної теми дисертації.** Забезпечення безпеки польотів є найважливішою проблемою авіатранспорту. Розвиток світової авіатранспортної системи залежить від навігаційних систем, систем зв'язку, спостереження і управління повітряним рухом.

В сучасному аеронавігаційному середовищі в умовах вільного польоту забезпечення безпеки польотів в більшій мірі залежить від ефективних методів управління безконфліктним рухом повітряних суден.

Щоб не допустити зростання рівня авіаційних подій повинна бути підвищена ефективність планування повітряного руху, а також точність витримування траєкторій, як за координатами, так і за часом. При збільшенні автономності повітряного судна частину функцій з організації та управління повітряним рухом і забезпечення безпечної траєкторії переходить до бортових систем літака. Ця система повинна забезпечити безпечний обліт перешкод або заборонених зон, інформаційну та консультативну підтримку як диспетчера УПР, так і пілота повітряного судна для забезпечення необхідного рівня безпеки та ефективності польотів.

У перспективі, при переході до таких концепцій як: «Free Flight», «SESAR» та «A<sup>3</sup>», бортові системи будуть відігравати основну роль у

плануванні польоту і забезпеченні безпечної траєкторії.

«Free Flight» надасть екіпажам повітряних суден можливість вільно вибирати траєкторію польоту за маршрутом, швидкість і профіль, причому навіть більшою мірою, ніж це дозволяють правила візуальних польотів. У той же самий час забезпечуються умови безпечного розведення повітряних суден, що встановлюються для польотів за приладами.

Таким чином, тема дисертаційної роботи Волкогон В.О. є актуальною, а мета роботи - удосконалити математичне та програмне забезпечення автоматизованої системи управління рухом повітряних суден в частині запобігання конфліктів в умовах автономного польоту - доцільною та своєчасною.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційне дослідження відповідає основним науковим напрямкам та найважливішим проблемам фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних, суспільних і гуманітарних наук Національної академії наук України на 2019-2023 роки, які затверджені постановою Президії національної академії наук України від 30.01.2019р. №. 30:

– напряму 1.2.3.3. «Удосконалення методів формалізації системних задач, приведення їх до форми вирішення в реальних умовах, що характеризуються наявністю великої кількості суперечливих цілей, різних видів невизначеностей і ризиків»;

– напряму 1.2.5.4. «Розроблення методів керування динамічними процесами в умовах невизначеності, розв'язання ігрових задач динаміки, керування групами рухомих об'єктів».

Робота виконана у рамках:

– науково -дослідної роботи №47/09.01.02 «Програмно-апаратний комплекс моніторингу кібернетичного простору» (шифр «InfoLUX»);

– науково -дослідної роботи «Експертна система ситуаційного синтезу програми технічного обслуговування регіональних транспортних літаків типу АН-32 на базі оптимізаційних нейронних мереж» (шифр «CALS-

авіоніка»).

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації.** У дисертаційній роботі Волкогон В.О. вирішено актуальну науково-технічну задачу удосконалення математичного та програмного забезпечення автоматизованої системи управління рухом повітряних суден в частині запобігання конфліктів в умовах автономного польоту.

Зазначена задача розв'язувалася на основі застосування методів математичного та системного аналізу, теорії імовірності та математичної статистики, теорії управління динамічними системами, вейвлет-оброблення сигналів, методів фільтрації аналітично зв'язаних часових послідовностей та методів комп'ютерного моделювання.

Основна увага водночас приділена удосконаленню методу синтезу віртуальних вимірювачів штучних гравітаційних полів шляхом урахування стохастичних процесів та отримання моделі цих вимірювачів, розробленню методу вейвлет-фільтрації даних з урахуванням аналітичних зв'язків між детермінованими основами руху об'єктів та верифікації удосконаленого методу шляхом комп'ютерного моделювання.

Означені у роботі задачі дослідження вирішувались автором з використанням як строгих математичних викладок, так і шляхом здійснення перевірки отриманих аналітичних результатів за допомогою комп'ютерного моделювання.

Аналіз матеріалів дисертації показав, що наукові положення, висновки і рекомендації є повністю обґрунтованими.

**Достовірність одержаних в роботі результатів** підтверджується обґрунтованими теоретичними твердженнями та збіжністю теоретичних результатів з результатами виконаних експериментальних спостережень, а також використанням методів математичного моделювання в інформаційних технологіях, постановкою процесів символічної та числової обробки даних,

співпадінням з результатами тестування та достовірними фактами натурних спостережень, узгодженістю з результатами інших авторів для еталонних задач відповідно теорії систем подібності та розмірності. Одержані у роботі результати мають чітке наукове тлумачення і не суперечать відомим даним.

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

Аналіз рукопису дисертації і публікацій автора за тематикою дисертаційних досліджень дозволяє визначити головні нові наукові результати.

Наукова новизна роботи полягає у тому, що:

– отримав подальший розвиток метод синтезу віртуальних вимірювачів штучних гравітаційних полів шляхом урахування стохастичних процесів та отримання моделі цих вимірювачів;

– вперше запропоновано вирішувати задачу синергетичного управління рухом з урахуванням стохастичності оцінюваних параметрів;

– вперше запропоновано метод вейвлет-фільтрації даних з урахуванням аналітичних зв'язків між їх детермінованими основами. Це дозволяє підвищити точність розрахунків математичного та програмного забезпечення автоматизованого синергетичного управління повітряними рухомими об'єктами в середньому на 50 %.

### **Практичне значення одержаних автором наукових результатів.**

Робота має важливе практичне значення в сенсі підвищення ефективності математичного та програмного забезпечення автоматизованої системи управління повітряним рухом та розв'язання задачі забезпечення безпеки польотів.

Саме вдосконалення математичних методів, алгоритмів розрахунків та програм процесорної обробки сигналів і даних дозволяє вирішити задачу забезпечення необхідного рівня безпеки польотів у системі управління повітряним рухом в умовах автономного польоту.

Результати роботи впроваджені:

- у навчальний процес Національного авіаційного університету. Розроблене математичне та програмне забезпечення використано при проведенні практичних та лабораторних робіт з математичного аналізу програмного забезпечення та проєктування інтелектуальних систем;

- у діяльність науково-виробничого центру безпілотної авіації «Віраж». Проведено тестування створеного програмного забезпечення на пробних польотах безпілотної літального апарату.

### **Повнота викладення наукових положень в опублікованих працях.**

Основні теоретичні результати, практичні висновки і рекомендації, отримані здобувачем в процесі виконання дисертаційної роботи, достатньо повно опубліковано в 19-ти друкованих наукових працях: 4-х наукових статтях у фахових виданнях, 4-х статтях у виданнях, що індексуються у міжнародних наукометричних базах, а також 11 тезах наукових конференцій.

Таким чином, повнота викладення основних наукових положень в опублікованих 19 працях забезпечена в повному обсязі відповідно до вимог, що пред'являються до кандидатських дисертацій.

### **Оцінка змісту дисертації, її завершеності у цілому, відповідність встановленим вимогам оформлення дисертації.**

Дисертація Волкогон В.О. являє собою одноосібно написану кваліфікаційну наукову працю, яка містить сукупність результатів та наукових положень, поданих автором для публічного захисту, має достатній ступінь завершеності, структурованість, логічну внутрішню цілісність і свідчить про наявний особистий внесок автора у галузь науки – Математичне та програмне забезпечення обчислювальних машин і систем.

Дисертація та автореферат написані грамотною науково-технічною мовою з використанням загальноприйнятих наукових термінів, визначень та понять, достатньо ясно та зрозуміло. Матеріали досліджень чітко структуровані, викладені логічно та послідовно. Стиль їх викладення не суперечить методології комплексних наукових досліджень. Висновки

достатньо конкретні та відображають основні результати досліджень дисертаційної роботи, підготованої за спеціальністю 01.05.03 «Математичне та програмне забезпечення обчислювальних машин і систем».

Дисертацію достатньо добре ілюстровано. Винесені на захист наукові результати викладено вичерпно. Використанні в роботі терміни, визначення та поняття відповідають діючим Державним стандартам України.

### **Загальна характеристика дисертації.**

Дисертація складається із вступу, 3 розділів та висновків, списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 134 сторінок, 43 рисунка, 2 таблиці, 134 найменувань літературних джерел.

Робота достатньо проілюстрована графіками і рисунками, а стиль викладу матеріалів досліджень, наукових положень, висновків забезпечує доступність їх сприйняття.

Розбіжності між змістом автореферату та змістом представленої дисертаційної роботи відсутні.

Зміст автореферату повністю розкриває зміст основних наукових положень представленої дисертаційної роботи.

Основні наукові результати достатньо повно викладені в друкованих наукових працях.

Проведений аналіз дозволяє зробити висновок про те, що структура та зміст дисертаційної роботи повністю відповідає існуючим вимогам. Зміст дисертаційних досліджень викладено лаконічно. Структурні розділи дисертації містять усі необхідні для проведеного дослідження положення і висновки. Дисертація є завершеною науковою працею.

**Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертації.** За структурою, змістом та оформленням автореферат відповідає встановленим вимогам МОН України та загальноприйнятому стилю його викладення. Зміст автореферату ідентичний основним положенням дисертації, у ньому достатньо повно і точно відображені основні результати

досліджень, що визначально та детально подані в дисертації.

**Недоліки до дисертаційної роботи:**

За результатами аналізу результатів наукового дослідження та актуальності теми можна відзначити недоліки щодо оформлення сутності, особливості та специфіки у вигляді основного змісту новизни та важливості розв'язання наукового завдання відповідно до визначених автором задач.

1. Недостатньо повно та логічно структуровано представлено матеріал саме згідно з науковим завданням. Доцільно було б виділити розділи та підрозділи з відповідною назвою, що відображає сутність пунктів паспорта спеціальності саме розділу "технічні науки", за яким присуджується наукова ступінь.

2. Доцільно було б описати сконцетровано наукову гіпотезу й нову ідею, а також надати чітку математичну формалізацію, що дозволяє швидко оцінити оригінальність на відміну від відомих та зв'язок з отриманими автором результатами.

3. Згідно з системним підходом кожна складна динамічна система, особливо за критеріями інтегрованої безпеки, повинна мати ієрархічну організацію для вирішення практичних задач за принципами Теорії управління. Саме рівні полієргатичного управління не відзначені в назвах підрозділів. Наприклад: у підрозділі (2.2, 2.4, 2.5, 3.3, 3.5) формалізація задачі не в повній мірі характеризує зміст з погляду місцеположення конфліктуючих об'єктів за даними засобів навігації та бортових програмно-апаратних комплексів (СНУР), що визначають оперативну якість керування рухом та в цілому функціональну стійкість в умовах локальних збурень, ризиків, невизначеності фактичних явищ у аеронавігаційному середовищі.

4. Нажаль, матеріали роботи містять стилістичні, граматичні, мовні помилки. Наприклад: вільного застосування стартатизованих (FAA, ESARR) термінів, визначень та понять; наприклад: режим автономного польоту під час автоматизованого управління повітряними рухомими об'єктами; сучасний автономний простір; аварійна ситуація, особлива ситуація; замість

«забезпечення обчислювальних машин і систем» за паспортом спеціальності. Крім того відсутні пояснення до деяких формальних параметрів у математичних виразах та розмірності визначальних параметрів.

### **Зауваження щодо дисертаційної роботи**

Окремо визначаю побажання щодо подальшого підвищення ефективності синергетичного управління складними динамічними об'єктами в умовах зростання обізнаності з причинно-наслідкових конфліктних відношень. А також побажання дисертанту продовжити розвивати свою роботу в цьому напрямку в докторській роботі. Автором сформульована тема дисертації та мета дослідження з певною розбіжністю саме за змістом практики ієрархічного управління авіаційним рухом у просторі зональної відповідальності.

На мій погляд, сутність, особливість та специфіка роботи – є розвиток комплексних теоретико-математичних основ побудови майбутніх інтелектуальних, багатопроцесорних комплексів. Необхідні інноваційні засоби повинні реалізувати процеси: опрацювання даних вимірювання (навігації); оцінювання якості та синергетичного безпечного управління без відмов, аварій, катастроф; гарантування функціональної стійкості в умовах небажаного збігу обставин у локальному просторі польотів чи зони прояву явищ Всесвіту.

1. Автор визначив предмет дослідження як «математичні методи обробки даних автоматизованої системи прийняття рішень і розв'язання конфліктів літаків в повітряному просторі в умовах автономного польоту», що не в повній мірі відповідає об'єкту дослідження.

Обґрунтування здобувача (стр.1) «...за довільними маршрутами, але не задовольняють сучасним вимогам безпеки повітряного руху, оскільки відсутня повна автономність руху повітряних кораблів та не забезпечується надійне розв'язання конфліктних ситуацій в повітряному просторі». Такий підхід до визначення «автономного польоту» та «повного автономного руху» не вдосконалює відомі стандартні принципи: CNS (Communication,



Navigation, Surveillance; ESARR (Eurocontrol Safety Regulatory Requirement); ICAO (International Civil Aviation Organization); TCAS (Traffic Collision Avoidance System); ASAS (Airborne Separation Assurance (Assistance) System).

Ці скорочення знає здобувач, бо вони наведені (стор. 4) під назвою «перелік умовних скорочень». Таке різноманіття – реальні фактори існування незалежного ризику та їхні відомі наслідки, які зафіксовано щорічними статистичними звітами ICAO.

2. У дисертації, нажаль, відсутній доведений на статистичних даних аварійних подій аналіз умов синергетичного прояву підвищення якості прийняття рішень (штучними експертними засобами) під час взаємодії АСУБП (автоматизована система управління безпекою польотів) та АС КІР (автоматизована система керування повітряним рухом) без суперечностей, невідповідностей, різноманіття математичних формалізацій та інформаційно-телекомунікаційних, програмно-апаратних обчислювальних комплексів, що найкращі за всесвітнім практичним досвідом, включаючи факти існування аварійних подій щорічно.

3. У дослідженні, яке виконане автором та присвячене теоретичним та практичним результатам щодо «підвищення ефективності математичного забезпечення автоматизованого синергетичного управління повітряними рухомими об'єктами», не достатньо уваги приділено доказовому обґрунтуванню та опису ключових показників, критеріїв ефективності, правил взаємовідношень між складовими, що концентровано формують саме найкраще синергетичне управління.

Тому функціональна стійкість нових синергетичних структур реально не представлена й не визначено умови ефективної взаємодії складових модулів, що поступово, безперервно реалізують функції вимірювання, виявлення, розпізнавання небезпечної події, синтезу безпечного управління, реалізації відновлюваного перехідного керування без відмов, аварій, зіткнень, руйнувань.

4. Відомо, що класичні формалізми синергетики неоднорідних, нелінійних середовищ з хвилеподібними взаємовідношеннями

сформульовані на знанні фізико-хіміко-біологічних природних стохастичних процесів самоорганізації.

Дисертант побудував імітаційну модель математичних маятників з показниками узагальнених понять добротності, градієнта, маси, відстані, кутів. Основна мета здобувача забезпечення безконфліктного курсу динамічного об'єкту в реальному просторі в кожний момент часу шляхом вимірювання градієнта віртуального силового поля для розв'язання задачі вирішення конфліктів. Нажаль, в роботі відсутній опис прототипу об'єктів моделювання, як оригіналів з суттєвими параметрами та фізичними диференціальними рівняннями в чотиривимірному реальному просторі польоту повітряних суден. Відсутня двобічна описова трансформація оригіналу (дуже складні динамічні системи) до області зображень (раціонально спрощеного модельного опису), а також зворотнього переходу від модельного «віртуального» імітаційного результату розв'язку конкретної задачі до практичної сфери оригіналу. Саме тоді реально визначається конкретне підвищення ефективності польоту повітряних суден без відмов, аварій, катастроф в умовах зафіксованих апробованим програмним забезпеченням.

Факти часових рядів показників процесів функціонування на всьому інтервалі запису традиційно зберігають у «бортовій скриньці» протягом маневру запобігання ризиків. Зрозуміло, що обґрунтування комплексних фізичних моделей (подібних запропонованому математичному маятнику) відноситься до подальшого розвитку теорії подібності, управління, синергетики, катастроф та її практичному широкому застосуванню з максимальними математичними доказами запобігання небезпечних подій, наприклад, завдяки використанню градієнтних систем, що залежать від визначального параметру.

### **Загальний висновок**

Дисертаційна робота Волкогон В.О. є завершеною кваліфікаційною науковою працею, яка містить нові науково обґрунтовані результати

проведених самостійно автором власних досліджень, що відкривають нові можливості та в сукупності вирішують актуальне наукове завдання шляхом розв'язання важливих науково-прикладних задач та розробки науково-методологічного апарату для імітаційного моделювання процесів, а також доказу безконфліктного курсу динамічного об'єкту в реальному просторі у кожний момент часу шляхом вимірювання градієнта силового поля.

Представлена здобувачем дисертаційна робота «Підвищення ефективності математичного забезпечення автоматизованого синергетичного управління повітряними рухомими об'єктами» відповідає всім вимогам, що висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, а також пп. 9, 11–14 «Порядку присудження наукових ступенів затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р., №567», а її автор, Волкогон Вікторія Олексіївна, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.03 – «Математичне та програмне забезпечення обчислювальних машин і систем».

Доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри інформаційних систем і  
технологій Національного транспортного  
університету, м.Київ, Лауреат Державної  
премії України в галузі науки і техніки,  
Заслужений діяч науки і техніки України

Баранов Г.Л.

Підпис Баранова Г.Л. засвідчую

