

ЗАТВЕРДЖУЮ

президентка державного некомерційного підприємства «Державний університету Київський авіаційний інститут»



Ксенія СЕМЕНОВА

05 2026 року

ВИСНОВОК

Державного некомерційного підприємства «Державний університет «Київський авіаційний інститут» (далі – КАІ) про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Лі Хаоян на тему: «Ефективність застосування дронів в умовах неповноти інформації і багатозв'язності множини обмежень для польотів», поданої на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 16 «Авіаційний транспорт»

ВИТЯГ

із протоколу № 7 розширеного засідання кафедри аеронавігаційних систем КАІ від 27 квітня 2026 року

Присутні на засіданні науково-педагогічні працівники кафедри аеронавігаційних систем:

Ларін В.Ю., д.т.н., професор, завідувач кафедри аеронавігаційних систем КАІ;

Авер'янова Ю.А., д.т.н., професор кафедри аеронавігаційних систем КАІ;

Конін Валерій Вікторович., д.т.н., професор кафедри аеронавігаційних систем КАІ;

Шмельова Тетяна Федорівна., д.т.н., професор кафедри аеронавігаційних систем КАІ;

Богуненко М.М., старший викладач кафедри аеронавігаційних систем КАІ;

Бондарев Д.І. старший викладач кафедри аеронавігаційних систем КАІ;

Благая Л.В., к.т.н., викладач кафедри аеронавігаційних систем КАІ;

Сушич О. П., к.т.н., доцент кафедри аеронавігаційних систем КАІ;

Луппо О.Є., к.т.н., доцент кафедри аеронавігаційних систем КАІ;

Погурельський О.С., к.т.н., доцент кафедри аеронавігаційних систем КАІ;

Куценко О.В., к.т.н., старший дослідник науково-навчального центру «Аерокосмічний Центр» НД КАІ;

Присутні на засіданні науково-педагогічні працівники інших кафедр КАІ:

Заліський М.Ю., д.т.н., професор, завідувач кафедри електроніки,

робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей КАІ;

Присутні на засіданні науково-педагогічні працівники з інших навчальних закладів і організацій:

Жук С.Я., д.т.н., професор, завідувач кафедри радіотехнічних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Остроумов І.В., д.т.н., професор, Приватний університет «Київська школа економіки»;

Баранов Георгій Леонідович д.т.н., професор кафедри комп'ютерних і інформаційних технологій Транспортного університету;

Знаковська Є. А. к.т.н., доцент, завідувачка кафедри обчислювальної математики та комп'ютерного моделювання факультету комп'ютерно-інформаційних технологій;

Просвірін Дмитро Андрійович., к.т.н., начальник комерційного відділу ДП «АНТОНОВ».

Серед присутніх 5 докторів технічних наук, 5 кандидатів технічних наук – фахівці зі спеціальності, з якої виконувалась дисертація.

Порядок денний:

Обговорення дисертаційного дослідження аспіранта кафедри аеронавігаційних систем КАІ Лі Хаоян на тему: «Ефективність застосування дронів в умовах неповноти інформації і багатозв'язності множини обмежень для польотів», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань J «Транспорт та послуги», за спеціальністю J6 «Авіаційний транспорт».

Науковий керівник – д.т.н., професор, професор кафедри аеронавігаційних систем, директор науково-навчального центру «Аерокосмічний центр» КАІ, Почесний член IEEE (США) Харченко Володимир Петрович.

Дисертація виконувалася на кафедрі аеронавігаційних систем факультету аеронавігації, електроніки та телекомунікацій КАІ. Тема дисертації затверджена на засіданні Вченої ради факультету аеронавігації, електроніки та телекомунікацій Національного авіаційного університету (протокол № 8 від 01 вересня 2020 року).

Виступили:

Здобувач Лі Хаоян представив результати свого дослідження, обґрунтувавши актуальність обраної теми, мету, завдання, методи дослідження, охарактеризувавши об'єкт та предмет дисертаційного дослідження, виклав основні наукові положення та висновки, що виносяться на захист, вказав науково-практичну значимість роботи, зазначив про впровадження результатів дослідження.

Дисертаційна робота присвячена підвищенню ефективності застосування безпілотних авіаційних систем у транспортно-логістичних процесах в умовах неповноти інформації та багатозв'язності множини обмежень для польотів шляхом розроблення математичних моделей, методів оцінювання ефективності та алгоритмів прийняття рішень в умовах невизначеності.

Практична апробація та оцінювання запропонованих рішень здійснювалися

з урахуванням міжнародних нормативно-правових підходів та рекомендацій у сфері безпілотної авіації, зокрема положень ICAO Doc 10019, EASA Regulation (EU) 2019/947, FAA 14 CFR Part 107, а також концепцій UTM та U-space, що забезпечує можливість інтеграції безпілотних авіаційних систем у сучасний повітряний простір.

Аналіз сучасних наукових підходів до оцінювання ефективності функціонування безпілотних авіаційних систем показав, що існуючі методи не повною мірою враховують вплив стохастичних факторів, експлуатаційних характеристик, обмежень повітряного простору та ризиків, пов'язаних із неповнотою інформації.

Розроблено математичні моделі планування польотів безпілотних авіаційних систем, що враховують стохастичні фактори, обмеження повітряного простору та параметри експлуатації, що дозволяє підвищити ефективність управління БПЛА у транспортних системах.

Удосконалено моделі оцінювання ефективності функціонування безпілотних авіаційних систем шляхом інтеграції методів математичного моделювання, статистичного аналізу та алгоритмів машинного навчання, що забезпечує підвищення точності оцінювання ефективності в умовах ризику та невизначеності.

Отримали подальший розвиток методи прийняття рішень в умовах невизначеності на основі стохастичних моделей, байєсівських підходів та імітаційного моделювання (метод Монте-Карло) для задач управління БПЛА та оптимізації логістичних процесів.

Розроблено інтегральний показник оцінювання ефективності безпілотних авіаційних систем, що враховує економічні, функціональні та експлуатаційні параметри та дозволив підвищити точність комплексного оцінювання, ефективність прийняття рішень та рівень безпеки польотів в умовах реальної експлуатації.

Результати дисертаційної роботи впроваджені у навчальний процес кафедри аеронавігаційних систем факультету аеронавігації, електроніки та телекомунікацій Державного університету «Київський авіаційний інститут».

Після закінчення презентації Лі Хаояна присутніми на захисті фахівцями були поставлені наступні запитання:

Запитання до здобувача:

1. Ларін В.Ю., д.т.н., професор, завідувач кафедри аеронавігаційних систем.

Запитання: У чому полягає основна наукова новизна Вашої роботи?

Відповідь: Дякую за запитання. Основна наукова новизна роботи полягає у розробленні комплексного підходу до оцінювання ефективності безпілотних авіаційних систем в умовах неповноти інформації та багатозв'язності обмежень. Зокрема, запропоновано інтегральний показник ефективності, що враховує економічні, функціональні та експлуатаційні параметри, а також розроблено стохастичні моделі планування польотів БПЛА з використанням методів імітаційного моделювання.

Ларін В.Ю., д.т.н., професор, завідувач кафедри аеронавігаційних систем.

Запитання: У яких конкретних умовах або системах можуть бути застосовані результати Вашого дослідження?

Відповідь: Дякую за запитання. Результати дослідження можуть бути застосовані у транспортно-логістичних системах, зокрема для організації доставки «останньої милі», а також у системах управління повітряним рухом при інтеграції БПЛА у спільний повітряний простір пілотованої та безпілотної авіації. Крім того, розроблені моделі можуть бути використані у системах підтримки прийняття рішень, що забезпечують оптимізацію маршрутів, розподіл ресурсів та підвищення ефективності експлуатації БПЛА.

2. Авер'янова Ю.А., д.т.н., професор кафедри аеронавігаційних систем

Запитання: У чому полягає складність задачі багатозв'язності обмежень?

Відповідь: Дякую за запитання. Складність полягає в тому, що обмеження, які накладаються на функціонування БПЛА (наприклад, технічні характеристики, правила використання повітряного простору, погодні умови), є взаємопов'язаними та впливають одне на одного. Це ускладнює процес оптимізації, оскільки зміна одного параметра може призводити до зміни всієї системи обмежень.

Авер'янова Ю.А., д.т.н., професор кафедри аеронавігаційних систем

Запитання: Які методи прийняття рішень використовуються у Вашій роботі?

Відповідь: Дякую за запитання. У роботі використано комплекс методів прийняття рішень, зокрема стохастичне моделювання, байєсівські підходи, методи оптимізації та алгоритми машинного навчання. Це дозволяє забезпечити адаптивне управління БПЛА в умовах невизначеності та підвищити ефективність функціонування системи.

Авер'янова Ю.А., д.т.н., професор кафедри аеронавігаційних систем

Запитання: Чому у Вашому дослідженні не використано глибокі нейронні мережі для розв'язання задачі?

Відповідь: Дякую за запитання. У даному дослідженні основний акцент зроблено на побудові інтерпретованих математичних моделей та методів прийняття рішень в умовах ризику та невизначеності. Використані методи машинного навчання, які є підмножиною штучного інтелекту. Використання глибоких нейронних мереж потребує великого обсягу навчальних даних, які часто відсутні або є неповними у задачах функціонування БПЛА. Крім того, нейронні мережі мають обмежену інтерпретованість, що ускладнює їх використання в критично важливих системах, таких як управління повітряним рухом. Саме тому було обрано стохастичні та ймовірнісні методи, які дозволяють більш прозоро моделювати процеси та приймати рішення.

3. Шмельова Т. Ф., д.т.н., професор кафедри аеронавігаційних систем

Запитання: Які напрями подальших досліджень Ви вважаєте найбільш перспективними?

Відповідь: Дякую за запитання. Перспективними напрямками подальших досліджень є інтеграція безпілотних авіаційних систем у єдиний повітряний простір із використанням концепцій U-space та ATM, розвиток інтелектуальних систем управління на основі штучного інтелекту, а також удосконалення

моделей прийняття рішень у реальному часі з урахуванням великих обсягів даних. Крім того, актуальним є розширення моделей для масштабних транспортних систем і їх практична реалізація. Розвиток конекціоністського підходу у якому система моделюється мережею взаємозв'язаних елементів, а навчання відбувається шляхом зміни ваг між ними, що важливо для розв'язання задач з неявними зв'язками.

4. Просвірін Д. А., к.т.н. начальник комерційного відділу ДП «АНТОНОВ»

Запитання: Який підхід можете рекомендувати для оцінки ефективності логістичних задач з використанням БПЛА?

Відповідь: Дякую за запитання. Інтеграція БПЛА з логістикою означає включення безпілотних авіаційних систем (БПЛА), широко відомих як дрони, в різні аспекти логістичної галузі. Ця інтеграція передбачає використання дронів для покращення та оптимізації різних логістичних операцій, включаючи транспортування, доставку, управління запасами та оптимізацію ланцюгів поставок. Вибір методу оцінки ефективності логістичних задач залежить від повноти інформації про стан системи.

Просвірін Д. А., к.т.н. начальник комерційного відділу ДП «АНТОНОВ»

Запитання: Які фактори впливають на ефективність безпілотних авіаційних систем?

Відповідь: Дякую за запитання. Оцінка ефективності вантажних дронів передбачає врахування різних факторів, які впливають на їхню продуктивність, можливості та загальну ефективність у виконанні завдань за призначенням. Комплексна оцінка цих факторів (критеріїв) допомагає зацікавленим сторонам, в тому числі виробникам, операторам і потенційним користувачам, приймати обгрунтовані рішення щодо вибору найбільш підходящого вантажного дрона для їхніх конкретних потреб. Важливо враховувати, як ці критерії взаємодіють і балансують між собою, щоб досягти бажаного рівня ефективності в операціях з використанням вантажних дронів. Використання моделі передбачуваного керування машинного навчання оптимізує майбутню поведінку системи на основі її моделі.

Лі Хаоян докладно відповів на всі поставлені запитання, обгрунтувавши свою авторську позицію.

Після відповідей на запитання виступили:

Науковий керівник – д.т.н., професора кафедри аеронавігаційних систем факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій КАІ Харченко Володимир Петрович.

Харченко В.П.: викладається зміст виступу.

Зазначено, що дисертант успішно виконав індивідуальний план наукової роботи та індивідуальний навчальний план. Він доповідав результати роботи також на розширеному засіданні кафедри після чотирирічного циклу навчання (Протокол 26.06.2024 р. №7). Підготовлена дисертація готова до захисту. У роботі опрацьовано різноманітний матеріал, багато наукових праць – англomовні видання, які дозволили узагальнити досить широкий світовий досвід.

У процесі виконання роботи дисертант показав необхідну кваліфікацію для самостійного вирішення поставлених наукових задач, постійно працює над підвищенням свого освітнього і професійного рівня. Вміє проводити наукові дослідження, бере участь у науково-дослідних роботах, має наукові публікації та доповіді у наукових конференціях.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, яка націлена на вирішення актуальної наукової задачі, відповідає спеціальності J6 “Авіаційний транспорт”, а її автор Лі Хаоян заслуговує присудження ступеня доктора філософії, на підставі Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, який затверджено Постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року.

Науковий керівник запропонував затвердити позитивний висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів зазначеної дисертації та рекомендувати до захисту на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань J “Транспорт та послуги”, за спеціальністю J6 “Авіаційний транспорт”.

В обговоренні дисертаційного дослідження взяли участь:

Авер'янова Ю.А., д.т.н., професор кафедри аеронавігаційних систем КАІ.: Відзначила, що дисертаційне дослідження характеризується комплексним підходом до вирішення актуальної науково-прикладної проблеми оцінювання ефективності застосування безпілотних авіаційних систем в умовах неповноти інформації та багатозв'язності множини обмежень. У роботі здобувачем охоплено технічні, експлуатаційні, логістичні та економічні аспекти функціонування БПЛА, що дозволяє розглядати процес управління не фрагментарно, а як цілісну систему взаємопов'язаних факторів.

Особливої уваги заслуговує використання методів математичного моделювання, стохастичного аналізу та байєсівських підходів для підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності. Вважаю, що такий міждисциплінарний підхід суттєво підвищує наукову цінність роботи та створює основу для подальших досліджень у сфері інтелектуальних авіаційно-транспортних систем.

Конін В.В., д.т.н., професор кафедри аеронавігаційних систем КАІ.: Відзначив, що важливою перевагою дисертаційної роботи є орієнтація на кількісне оцінювання ефективності функціонування безпілотних авіаційних систем у реальних умовах експлуатації. Здобувачем запропоновано математичні моделі та інтегральний показник оцінювання ефективності, які дозволяють формалізувати процес прийняття рішень з урахуванням технічних параметрів, ризиків, експлуатаційних обмежень та економічної доцільності.

Використання багатокритеріального оцінювання, ймовірнісних моделей та алгоритмів оптимізації дозволяє перейти від суб'єктивного експертного аналізу до обґрунтованих кількісних показників. Вважаю, що запропонований підхід має значний потенціал для практичного впровадження в сучасних системах управління повітряним рухом та транспортній логістиці.

Луппо О.Є., к.т.н., доцент кафедри аеронавігаційних систем КАІ.: Відзначив, що дисертаційна робота має виражену практичну спрямованість та відповідає сучасним тенденціям розвитку безпілотної авіації. Запропоновані здобувачем моделі можуть бути використані при плануванні маршрутів, оптимізації доставки вантажів, розподілі ресурсів та оцінюванні ефективності експлуатації безпілотної платформи у транспортно-логістичних системах.

Позитивно оцінюю використання методів імітаційного моделювання Монте-Карло для прогнозування поведінки системи в умовах невизначеності. Це дозволяє підвищити адаптивність управління та достовірність отриманих результатів. Вважаю, що результати дослідження мають перспективу подальшого практичного використання.

Погурельський О.С., к.т.н., доцент кафедри аеронавігаційних систем КАІ.: Відзначив, що однією з важливих переваг дисертаційної роботи є врахування багатозв'язності множини обмежень, які виникають під час функціонування безпілотної авіаційної системи у реальному повітряному просторі. Автором виконано глибокий аналіз впливу нормативних, технічних, метеорологічних та експлуатаційних факторів на ефективність застосування БПЛА.

Запропонований підхід дозволяє підвищити точність планування польотів та ефективність використання ресурсів в умовах змінного зовнішнього середовища. Вважаю, що отримані результати можуть бути використані при створенні перспективних інформаційно-керуючих систем для безпілотної авіації.

Просвірін Д.А., к.т.н., начальник комерційного відділу ДП «АНТОНОВ».: Відзначив високий рівень практичної значущості отриманих результатів для сучасної авіаційної промисловості та безпілотної авіаційної платформи. Запропоновані здобувачем підходи до оцінювання ефективності функціонування БПЛА можуть бути використані при розробленні перспективних авіаційних комплексів, плануванні транспортних операцій та інтеграції безпілотної системи у спільний повітряний простір.

Особливо цінним є те, що результати дослідження орієнтовані не лише на теоретичне моделювання, але й на подальше практичне впровадження у системах управління та підтримки прийняття рішень. Вважаю, що робота має достатній рівень наукової новизни та практичної цінності для подальшого розвитку галузі безпілотної авіації.

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Лі Хаоян на тему: “Ефективність застосування дронів в умовах неповноти інформації і багатозв'язності множини обмежень для польотів”, поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань J “Транспорт та послуги” за спеціальністю J6 “Авіаційний транспорт”

1. Обґрунтування вибору теми дослідження. На сучасному етапі розвитку авіаційної галузі та транспортних систем безпілотні авіаційні системи набувають дедалі більшого практичного значення у вирішенні широкого кола завдань,

пов'язаних із перевезенням вантажів, моніторингом інфраструктури, виконанням пошуково-рятувальних операцій, аерофотозніманням, дистанційним контролем територій, а також забезпеченням оперативної доставки в умовах складної логістики. Інтенсивний розвиток цифрових технологій, автоматизованих систем управління, штучного інтелекту, інформаційно-комунікаційних технологій та алгоритмів автономного керування створює передумови для активної інтеграції безпілотних літальних апаратів у сучасний повітряний простір та транспортно-логістичні системи.

Особливого значення використання безпілотних авіаційних систем набуває в умовах динамічного зовнішнього середовища, коли виконання польотних завдань супроводжується впливом великої кількості випадкових факторів, неповнотою або затримкою надходження інформації, обмеженнями повітряного простору, метеорологічними умовами, змінами інтенсивності транспортних потоків, технічними характеристиками безпілотних платформ та необхідністю забезпечення високого рівня безпеки польотів. У таких умовах традиційні підходи до планування польотів, оцінювання ефективності функціонування БПЛА та підтримки прийняття рішень часто не забезпечують необхідної точності, адаптивності та оперативності.

Аналіз сучасного стану наукових досліджень, міжнародного досвіду та нормативно-правового забезпечення у сфері безпілотної авіації, зокрема положень ICAO, FAA, EASA, EUROCONTROL, а також концепцій UTM та U-space, показав, що одним із ключових напрямів розвитку безпілотної авіації є створення методів безпечної інтеграції безпілотних авіаційних систем у спільний повітряний простір з урахуванням реальних експлуатаційних обмежень, ризиків та умов невизначеності. При цьому існуючі методи оцінювання ефективності застосування безпілотних систем переважно орієнтовані на окремі технічні або експлуатаційні характеристики та не завжди враховують комплексний вплив стохастичних факторів, логістичних обмежень, економічних критеріїв та багатозв'язності множини обмежень для польотів.

У транспортно-логістичних системах додаткову складність становить необхідність оперативного планування маршрутів, адаптації до зміни попиту на перевезення, забезпечення мінімізації часових та енергетичних витрат, збереження стійкості функціонування системи в умовах ризику та непередбачуваних змін зовнішнього середовища. Недостатній рівень врахування таких факторів може призводити до зниження ефективності транспортних операцій, збільшення ризиків виникнення конфліктних ситуацій у повітряному просторі, затримок доставки та зменшення економічної доцільності використання безпілотних систем.

Таким чином, актуальним науково-прикладним завданням є розроблення математичних моделей, методів оцінювання ефективності та алгоритмів підтримки прийняття рішень щодо застосування безпілотних авіаційних систем в умовах неповноти інформації та багатозв'язності множини обмежень для польотів, що забезпечують підвищення точності оцінювання, ефективності управління, безпеки польотів та загальної результативності транспортно-логістичних процесів. Саме це і обумовило вибір теми дисертаційного дослідження.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.
Дисертаційну роботу виконано на кафедрі аеронавігаційних систем факультету

аеронавігації, електроніки та телекомунікацій Державного університету «Київський авіаційний інститут» у рамках виконання науково-дослідних робіт:

– «Розроблення адаптивно-інтегрованої завадостійкої навігаційної системи керування динамічними об'єктами», шифр 443-ДБ23 (номер державної реєстрації 0123U102046, договір № 475-X23 від 19.12.2023 р., 2023–2025 р.);

– «Монтаж бортового обладнання і льотні випробування турбореактивного безпілотного літака АМІ-24» (договір № 030125/02 (№524-X25) від 03.01.2025 р.).

Особистий внесок здобувача полягає у проведенні аналізу ефективності застосування безпілотних авіаційних систем в умовах неповноти інформації, розробленні моделей прийняття рішень за наявності множини взаємопов'язаних обмежень, а також у математичному моделюванні процесів функціонування безпілотних літальних апаратів у транспортних операціях.

Тема дисертації відповідає освітньо-науковій програмі «Авіаційний транспорт» третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти за спеціальністю J6 «Авіаційний транспорт» галузі знань J «Транспорт та послуги» в ДУ «КАІ» (зокрема ЗК1, ЗК2, ЗК3, ЗК4, ЗК5, ЗК6, ЗК7, ЗК8, ЗК9, ЗК, ФК1, ФК2, ФК3, ФК4, ФК5, ФК6, ФК7, ФК9, ФК11).

3. Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності застосування безпілотних авіаційних систем у транспортно-логістичних процесах в умовах неповноти інформації та багатозв'язності множини обмежень для польотів шляхом розроблення математичних моделей, методів оцінювання ефективності та алгоритмів підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності.

Для досягнення поставленої мети у дисертаційній роботі було визначено та вирішено такі завдання:

1) провести аналіз сучасного стану, тенденцій розвитку та міжнародного нормативно-правового забезпечення застосування безпілотних авіаційних систем у транспортно-логістичних процесах;

2) дослідити фактори, що впливають на ефективність функціонування безпілотних авіаційних систем в умовах неповноти інформації, стохастичних впливів та багатозв'язності множини обмежень для польотів;

3) розробити математичні моделі оцінювання ефективності функціонування безпілотних авіаційних систем з урахуванням технічних, економічних, логістичних та експлуатаційних параметрів;

4) удосконалити методи підтримки прийняття рішень щодо планування польотів та управління безпілотними авіаційними системами в умовах невизначеності;

5) розробити інтегральний показник оцінювання ефективності застосування безпілотних авіаційних систем у транспортно-логістичних системах;

6) провести експериментальну перевірку, моделювання та оцінювання ефективності розроблених моделей і методів в умовах, наближених до реальної експлуатації.

4. Об'єктом дослідження є процеси функціонування та застосування безпілотних авіаційних систем у транспортно-логістичних системах в умовах неповноти інформації, стохастичних впливів та багатозв'язності множини

обмежень для польотів.

5. Предмет дослідження – математичні моделі, методи оцінювання ефективності, алгоритми підтримки прийняття рішень та інтегральні показники ефективності застосування безпілотних авіаційних систем у транспортно-логістичних системах в умовах неповноти інформації та багатозв'язності множини обмежень для польотів.

6. Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети у дисертаційній роботі використано комплекс загальнонаукових та спеціальних методів дослідження, зокрема: метод системного аналізу – для дослідження сучасного стану розвитку безпілотних авіаційних систем, аналізу проблем їх інтеграції у транспортно-логістичні системи та визначення факторів, що впливають на ефективність їх функціонування; методи порівняльного аналізу – для дослідження міжнародних нормативно-правових підходів та стандартів у сфері безпілотної авіації; методи математичного моделювання – для побудови моделей функціонування безпілотних авіаційних систем в умовах неповноти інформації та множини обмежень; методи математичної статистики та теорії ймовірностей – для аналізу стохастичних факторів, оцінювання ризиків та обробки результатів моделювання; байєсівські методи та метод імітаційного моделювання Монте-Карло – для підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності; методи оптимізації та чисельного аналізу – для оцінювання ефективності функціонування безпілотних авіаційних систем та перевірки адекватності розроблених моделей.

7. Наукова новизна дослідження: наукова новизна дослідження полягає в розробленні науково-методичних засад оцінювання ефективності застосування безпілотних авіаційних систем у транспортно-логістичних процесах в умовах неповноти інформації та багатозв'язності множини обмежень для польотів на основі математичного моделювання, стохастичного аналізу, методів підтримки прийняття рішень та інтегрального оцінювання ефективності, а саме:

вперше:

– розроблено комплексний метод оцінювання ефективності застосування безпілотних авіаційних систем у транспортно-логістичних процесах в умовах неповноти інформації та багатозв'язності множини обмежень для польотів, який базується на інтеграції математичних моделей, стохастичного аналізу, методів підтримки прийняття рішень та інтегрального показника оцінювання ефективності, що дозволило підвищити точність оцінювання, ефективність управління та рівень безпеки польотів в умовах реальної експлуатації;

удосконалено:

– математичні моделі оцінювання ефективності функціонування безпілотних авіаційних систем шляхом урахування технічних, економічних, логістичних та експлуатаційних параметрів, стохастичних факторів, обмежень повітряного простору та ризиків, що дало можливість підвищити адаптивність моделей до реальних умов експлуатації;

дістали подальшого розвитку:

– методи підтримки прийняття рішень щодо управління та планування польотів безпілотних авіаційних систем на основі байєсівських підходів, імітаційного моделювання Монте-Карло та методів математичної оптимізації в

умовах невизначеності.

8. Теоретичне значення. Теоретичне значення одержаних результатів полягає у розвитку науково-методичних положень щодо оцінювання ефективності застосування безпілотних авіаційних систем у транспортно-логістичних процесах в умовах неповноти інформації та багатозв'язності множини обмежень для польотів.

Розроблені у дисертаційній роботі математичні моделі, методи стохастичного аналізу, алгоритми підтримки прийняття рішень та інтегральний показник оцінювання ефективності розширюють теоретичні засади функціонування безпілотних авіаційних систем у складних умовах експлуатації та створюють наукове підґрунтя для подальшого розвитку методів інтеграції безпілотних авіаційних систем у сучасний повітряний простір і транспортно-логістичні системи.

Одержані результати можуть бути використані для подальшого розвитку теорії управління авіаційно-транспортними системами, математичного моделювання складних технічних систем, а також досліджень у сфері безпечної експлуатації безпілотних авіаційних систем в умовах невизначеності.

9. Практичне значення та використання результатів дисертаційного дослідження.

Практичне значення одержаних результатів дисертаційного дослідження полягає у тому, що розроблені моделі, методи та алгоритми можуть бути використані:

- у науково-дослідній сфері – для подальшого розвитку методів оцінювання ефективності застосування безпілотних авіаційних систем в умовах неповноти інформації, багатозв'язності множини обмежень для польотів та невизначеності зовнішнього середовища;

- у практичній діяльності – для підтримки прийняття рішень при плануванні маршрутів, виборі сценаріїв експлуатації безпілотних літальних апаратів, оптимізації логістичних процесів та підвищенні ефективності транспортних операцій;

- у навчально-методичній роботі – при підготовці навчальних програм, навчально-методичних матеріалів, курсів лекцій та проведенні практичних занять з дисциплін «Структурно-параметричний синтез безпілотних літальних апаратів», «Когнітивні авіаційні транспортні системи», «Методологія прикладних досліджень у сфері авіаційного транспорту»;

- крім того, результати дослідження мають освітнє значення, оскільки можуть бути використані під час підготовки аналітичних матеріалів, практичних кейсів та дослідницьких завдань для магістрів та аспірантів у сфері авіаційного транспорту.

Результати дисертаційної роботи впроваджені в діяльність кафедри аеронавігаційних систем факультету аеронавігації, електроніки та телекомунікацій КАІ (акт про впровадження результатів від 18.05.2026).

10. Особистий внесок здобувача. Дисертація «Ефективність застосування дронів в умовах неповноти інформації і багатозв'язності множини обмежень для польотів» Лі Хаояна є самостійною науковою працею, в якій викладено теоретичні положення, наукові результати, висновки, власні ідеї та практичні розробки автора, що дозволили вирішити поставлені у дослідженні наукові завдання. Усі наукові

положення, математичні моделі, методи оцінювання, теоретичні узагальнення, висновки та практичні рекомендації, що виносяться на захист, одержані здобувачем особисто.

11. Апробація результатів дослідження. Найважливіші теоретичні положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертації, були апробовані шляхом оприлюднення на наукових і науково-практичних заходах різного рівня, зокрема: «Авіація в XXI столітті» – «Безпека в авіації та космічні технології» (м. Київ, 2024), «International Workshop on Advances in Civil Aviation Systems Development (ACASD 2024)» (м. Київ, 2024), «Сталий розвиток глобальної системи зв'язку, навігації, спостереження та організації повітряного руху CNS/ATM» (м. Київ, 2025).

12. Публікації. Основні положення та результати дисертаційного дослідження викладено в 15 наукових публікаціях, серед них 5 публікацій у наукових фахових виданнях України, 1 публікація у періодичному науковому виданні, проіндексованому у наукометричній базі Scopus, 9 публікацій у збірниках матеріалів міжнародних та всеукраїнських науково-технічних конференцій.

Список опублікованих праць за темою дисертації

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Li H. Research on UAV in Logistics Distribution. *Наукоємні технології*. 2023. Vol. 59. № 3. P. 334–339. DOI: 10.18372/2310-5461.59.17954.

2. Li H. Review Development Status and Future Trends of Micro UAVs. *Наукоємні технології*. 2023. Vol. 60. № 4. P. 430–438. DOI: 10.18372/2310-5461.60.18273.

3. Li H., Kharchenko V. Air Traffic Control and Flight Planning for Cargo UAVS in a Single Airspace. *Electronics and Control Systems*. 2023. Vol. 4. № 78. P. 78–83. DOI: 10.18372/1990-5548.78.18280.

Особистий внесок автора: проведено аналіз сучасних підходів до планування польотів вантажних БПЛА, розроблено структуру математичної моделі та виконано інтерпретацію отриманих результатів.

4. Li H., Kharchenko V. Methods for Measuring the Efficiency of UAVs in the Air Navigation System. *Electronics and Control Systems*. 2024. Vol. 1. № 79. P. 70–74. DOI: 10.18372/1990-5548.79.18445.

Особистий внесок автора: сформульовано критерії оцінювання ефективності БПЛА, проведено математичне моделювання та аналіз результатів дослідження.

5. Li H., Kharchenko V. Conceptual Aspect of Measuring the Efficiency of Cargo Unmanned Aerial System. *Electronics and Control Systems*. 2024. № 3 (81). P. 75–81. DOI: 10.18372/1990-5548.81.19020.

Особистий внесок автора: розроблено концептуальний підхід до інтегрального оцінювання ефективності вантажних безпілотних авіаційних систем, виконано обчислювальний аналіз та узагальнення результатів.

Статті в іноземних виданнях:

6. Li H., Kharchenko V. Optimizing Supply Chain Operations with Unmanned Aerial Vehicles. *Lecture Notes in Networks and Systems. Springer*, 2024. Vol. 992. P. 339–350. DOI: 10.1007/978-3-031-60196-5_25; Online ISSN: 2367-3389;

Особистий внесок автора: розроблено оптимізаційну модель ланцюга постачання із використанням БПЛА, виконано економічне моделювання та оцінку ефективності логістичних процесів.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

7. Li H. Classifications of Unmanned Aerial Systems Adopted in International Organizations. *XV International Scientific and Technical Conference "AVIA-2021"*. Kyiv, 2021. P. 6.65–6.71.

8. Li H. Development of Ukraine's Aviation Industry. *Всеукраїнська науково-технічна конференція CNS/ATM–2021*. Kyiv, 2021. P. 130–132.

9. Li H. The State of Development of the Security of the Civil Aviation Network. International Conference "Aviation in the XXI Century – Aviation Safety and Space Technologies". Kyiv, 2022. P. 3.1.5–3.1.8.

10. Li H. Modeling the Delivery of Goods Using Drones. *XVI International Scientific and Technical Conference "AVIA-2023"*. Kyiv, 2023. P. 26.123–26.127.

11. Li H. The Influence of Drones on the Efficiency of "Last Mile" Logistics. *Всеукраїнська науково-технічна конференція CNS/ATM–2023*. Kyiv, 2023. P. 44–48.

12. Li H., Kharchenko V. Air Situation Situations that Determine the Quality of Operation and Efficiency of UAS. International Conference "AVIATION IN THE XXI-st CENTURY – Safety in Aviation and Space Technologies". Kyiv, 2024. P. 2.2.39–2.2.42.

13. Li H., Kharchenko V. Integral Efficiency Assessment of Cargo Unmanned Aerial Vehicle. *Всеукраїнська науково-технічна конференція CNS/ATM–2025*. Kyiv, 2025. P. 80–86.

14. Li H., Kharchenko V., Kondratiuk V., Grekhov A. Study of Multimedia Traffic and Loss in High-Altitude Platform-Assisted VANET. Proceedings of the 2023 IEEE International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics (UkrMiCo). Kyiv, Ukraine, 2023. P. 102–107. DOI: 10.1109/UkrMiCo61577.2023.10380338; ISBN: 979-8-3503-4848-4.

15. Li H., Kharchenko V., Kondratiuk V., Grekhov A. Study of Data Traffic in UAV Communications. Proceedings of the 2023 IEEE 7th International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC). Kyiv, Ukraine, 2023. P. 138–141. DOI: 10.1109/MSNMC61017.2023.10328997; ISBN: 979-8-3503-9515-0.

13. Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг дисертації становить 212 сторінок, із них 173 – основного тексту.

Робота містить 34 рисунки, 19 таблиць, 7 додатків. Список використаних джерел налічує 208 найменувань.

14. Характеристика особистості здобувача. Під час підготовки дисертаційної роботи здобувач проявив себе як висококваліфікований та творчий дослідник, здатний самостійно вирішувати наукові та практичні завдання. Володіє сучасними методами аналізу та має глибокі знання у своїй галузі дослідження. Здобувач відповідальний, дисциплінований, активно бере участь у наукових заходах і демонструє високий рівень аналітичного мислення та комунікативних навичок.

15. Оцінка мови та стилю дисертації. Текст дисертації викладено грамотною мовою, логічно та послідовно. Матеріали дослідження викладені з дотриманням вимог наукового стилю. Дисертація оформлена згідно з вимогами Міністерства освіти і науки України.

16. Відповідність принципам академічної доброчесності.

Дисертація відповідає чинному законодавству та сучасним принципам академічної доброчесності. У роботі відсутні ознаки плагіату чи безпідставних запозичень. Усі використані наукові результати, підходи, методи та твердження супроводжуються відповідними бібліографічними посиланнями.

17. Рецензенти рекомендують: Відповідно до **пп. 15, 16** Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44, *пропонується такий склад разової ради:*

Голова ради:

Авер'янова Юлія Анатоліївна, д.т.н., професор, професор кафедри аеронавігаційних систем КАІ;

Рецензентами:

Ларін Віталій Юрійович, д.т.н., професор, завідувач кафедри аеронавігаційних систем КАІ;

Заліський Максим Юрійович, д.т.н., професор, завідувач кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та Інтернету речей КАІ;

Офіційними опонентами:

Жук Сергій Якович, д.т.н., професор, завідувач кафедри радіотехнічних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Крицький Дмитро Миколайович, к.т.н., доцент, декан факультету літакобудування Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут»;

Усі члени разової спеціалізованої вченої ради не мають реального чи потенційного конфлікту інтересів щодо здобувача Лі Хаояна (зокрема, не є його близькою особою) та/або його наукового керівника.

У результаті попередньої експертизи дисертації Лі Хаояна та повноти публікації основних результатів дослідження

УХВАЛЕНО:

1. Затвердити висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Лі Хаоян на тему “Ефективність застосування дронів в умовах неповноти інформації і багатозв’язності множини обмежень для польотів”.

2. Вважати, що за актуальністю, ступенем новизни, обґрунтованістю, науковою та практичною цінністю здобутих результатів дисертація Лі Хаоян відповідає спеціальності J6 “Авіаційний транспорт” та вимогам Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у вищих навчальних закладах (наукових установах), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 року. № 261 (зі змінами і доповненнями від 03 квітня 2019 року № 283), вимогам пп. 6, 7, 8, 9 “Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії”, затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44.

3. Рекомендувати дисертаційну роботу “Ефективність застосування дронів в умовах неповноти інформації і багатозв’язності множини обмежень для польотів”, подану Лі Хаоян на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань J “Транспорт та послуги”, за спеціальністю J6 “Авіаційний транспорт” до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

4. Рекомендувати Вченій раді затвердити склад разової спеціалізованої вченої ради:

Голова ради:

Авер'янова Юлія Анатоліївна, д.т.н., професор, професор кафедри аеронавігаційних систем КАІ;

Рецензентами:

Ларін Віталій Юрійович, д.т.н., професор, завідувач кафедри аеронавігаційних систем КАІ;

Заліський Максим Юрійович, д.т.н., професор, завідувач кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та Інтернету речей КАІ;

Офіційними опонентами:

Жук Сергій Якович, д.т.н., професор, завідувач кафедри радіотехнічних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Крицький Дмитро Миколайович, к.т.н., доцент, декан факультету літакобудування Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут»;

Результати голосування щодо рекомендації до захисту дисертації Лі Хаояна:

“за” – 10

“проти” – немає

“утримались” – немає

Головуючий на засіданні:
завідувач кафедри аеронавігаційних
систем КАІ,
д.т.н., професор



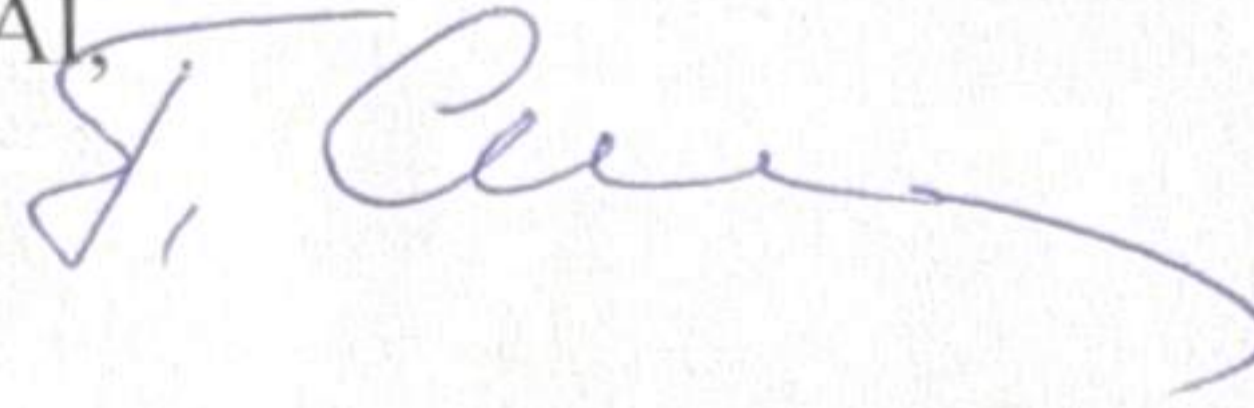
Віталій ЛАРІН

Секретар засідання:
старший викладач кафедри
аеронавігаційних систем КАІ



Микола БОГУНЕНКО

ПОГОДЖЕНО:
проректор з наукових досліджень та
трансферу технологій КАІ,
д.т.н., професор



Сергій ГНАТЮК