

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи

Дніпровського національного
університету імені Олеся Гончара

Олег МАРЕНКОВ



2025 р.

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Некрасова Валерія Євгеновича «Аеродинамічні параметри малорозмірних літальних апаратів з динамічним принципом підтримки над поверхнею», представленої на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка».

Витяг

з протоколу № 7 від 11 червня 2025 року міжкафедрального семінару фізико-технічного факультету Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара

Головуючий на засіданні міжкафедрального семінару фізико-технічного факультету д. т. н., проф. А. Ф. Санін

Секретар міжкафедрального семінару фізико-технічного факультету канд. тех. наук, доц. Лабуткіна Т.В.

ПРИСУТНІ: 21 з 25 членів міжкафедрального семінару: д-р. тех. наук, проф. А. Ф. Санін (05.02.01 – матеріалознавство), д-р. тех. наук, проф. М. М. Дронь (05.13.03 – системи і процеси управління); д-р. тех. наук, проф. С. О. Давидов (05.07.02 – проектування, виробництво та випробування літальних апаратів); д-р. тех. наук, проф. Г. І. Сокол (05.11.06 – акустичні прилади і системи); д-р. тех. наук, проф. Манько Т. А. (05.07.02 – проектування, виробництво та випробування літальних апаратів); канд. тех. наук, доц. А. В. Давидова (05.07.02 – проектування, виробництво та випробування

літальних апаратів); канд. тех. наук, доц. Т. В. Лабуткіна (05.13.03 – системи та процеси управління); канд. тех. наук, доц. Ю. В. Ткачов (05.07.02 – проектування, виробництво та випробування літальних апаратів); канд. тех. наук, доц. В. Ю. Шевцов (05.07.02 – проектування, виробництво та випробування літальних апаратів); канд. тех. наук, доц. В. Л. Бучарський (05.05.03 – двигуни та енергетичні установки); канд. тех. наук, доц. О. Є. Золотко (05.05.03 – двигуни та енергетичні установки); д-р. тех. наук, проф. Т. М. Кадильникова (05.02.02 – машинознавство); канд. тех. наук, доц. С. В. Клименко (05.13.06 – інформаційні технології); д-р. тех. наук, проф. Т. І. Русакова (05.26.01 – охорона праці); канд. тех. наук, доц. А. М. Кулабухов (05.07.02 – проектування, виробництво та випробування літальних апаратів); д-р. тех. наук, проф. В. В. Авдеев (05.13.03 – системи і процеси управління); д-р. тех. наук, проф. В. О. Габрінець (05.05.03 – двигуни та енергетичні установки); д-р. тех. наук, проф. О. В. Голубек (05.13.03 – системи і процеси управління); канд. тех. наук, доц. Н. С. Ащепкова (05.13.03 – системи і процеси управління); канд. тех. наук, доц. С. О. Полішко (05.02.01 – матеріалознавство); канд. тех. наук, доц. О. В. Бондаренко (05.02.08 – технологія машинобудування)

У засіданні взяли участь д-р. тех. наук Дреус А. Ю. (05.15.09 геотехнічна і гірнична), канд. фіз.-мат. наук... Хамініч О. В. (01.02.05 – механіка рідини, газу та плазми), д-р. тех. наук... Кваша Ю. О. (01.02.05 - механіка рідини, газу та плазми), д-р. тех. наук Дзюба А. П. () та інші.

Порядок денний: розгляд і обговорення дисертаційної роботи Некрасова Валерія Євгеновича «Аеродинамічні параметри малорозмірних літальних апаратів з динамічним принципом підтримки над поверхнею», представленої на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

Дисертацію виконано на кафедрі ракетно-космічних та інноваційних технологій фізико-технічного факультету Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара. Тема дисертації затверджена вченою радою Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, науковим керівником призначено доктора технічних наук, проф. С. О. Давидова (протокол № 10 від 29.05.2025 р.). Підготовка здобувача третього рівня вищої освіти здійснювалася за акредитованою освітньо-науковою програмою «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» зі спеціальності 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка (Сертифікат про акредитацію освітньої програми № 9835, дійсний до 01.07.2030 р.).

СЛУХАЛИ:

Обговорення дисертації Некрасова Валерія Євгеновича «Аеродинамічні параметри малорозмірних літальних апаратів з динамічним принципом підтримки над поверхнею», поданої на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

За результатами перевірки дисертаційної роботи Некрасова Валерія Євгеновича «Аеродинамічні параметри малорозмірних літальних апаратів з динамічним принципом підтримки над поверхнею» на плагіат програмою «StrikePlagiarism» виявлено унікальність тексту. На підставі перевірки зроблено висновок: робота Некрасова В. Є. має достатній рівень оригінальності (91,69%) і може бути допущена до захисту.

Перевірку на плагіат здійснювала комісія у складі д-р. тех. наук, проф., декан фізико-технічного факультету А. Ф. Санін; канд. тех. наук, доц. кафедри ракетно-космічних та інноваційних технологій С. О. Полішко; канд. тех. наук, в.о. завідувач кафедри ракетно-космічних та інноваційних технологій І. І. Карпович. Робота виконана на 5,76 авторських аркушах і містить такі складові частини: анотація, зміст, основна частина, висновки, списки літератури, додаток.

Доповідь Некрасова В.Є.:

Тема моєї дисертації «Аеродинамічні параметри малорозмірних літальних апаратів з динамічним принципом підтримки над поверхнею»

Актуальність теми. Літальні апарати, які використовують динамічний принцип підтримки над поверхнею, є перспективним інноваційним транспортними засобами, що поєднують переваги літаків і морських суден. Такий безконтактний режим руху транспортного засобу над підстильною поверхнею отримав назву «Екранного ефекту», а самі апарати «Екраноплани». Згідно з залежністю швидкості та енергоозброєності Кармана-Габріеля екранопланний режим руху літального апарату дозволяє суттєво збільшити його швидкість та вагове навантаження на одиницю потужності енергетичної установки. Перші розробки таких великих апаратів, що використовують динамічний принцип підтримки над поверхнею, були виконані ще в 60-ті роки ХХ сторіччя (наприклад проекти «Орльонок» (СРСР), летючі човни F2Y Sea Dart (США)). Але, внаслідок технічних і економічних чинників, ці проекти не отримали розвитку, тому на сьогодні військове та комерційне використання такого типу засобів є обмеженим. Останнім часом, інтерес до таких систем зростає у зв'язку з можливістю їх використання в якості невеликих безпілотних апаратів.

Під час створення невеликих екранопланних систем виникає проблема забезпечення стійкості польоту оскільки у визначенні аеродинамічних характеристик важливу роль відіграє масштабний фактор. З огляду на інтенсивний розвиток і зростаюче значення використання невеликих безпілотних апаратів та комплексів, зростає інтерес до дослідження аеродинаміки малорозмірних екранопланів. У зв'язку з цим актуальним завданням є визначення раціональних аеродинамічних параметрів для забезпечення стійких режимів польоту таких апаратів.

Метою роботи - є обґрунтування аеродинамічних параметрів малорозмірних літальних апаратів з динамічним принципом руху над поверхнею.

Завдання роботи:

- Проаналізувати сучасний стан дослідження аеродинаміки апаратів з динамічним принципом руху над поверхнею, визначити перспективні напрямки розвитку малорозмірних апаратів, методи та моделі дослідження аеродинамічних процесів поблизу екрана.

- Розробити методику аеродинамічного експерименту та провести експериментальні дослідження аеродинамічних характеристик несучих поверхонь поблизу екрана.

- Розробити та верифікувати методику розрахунку аеродинамічних характеристик літальних апаратів поблизу екрана.

- Провести числові параметричні дослідження аеродинамічних характеристик літальних апаратів поблизу екрана, надати рекомендації щодо вибору проектних параметрів.

Об'єктом досліджень є аеродинамічні процеси, що перебігають під час руху літального апарату поблизу поверхні.

Предметом досліджень є поля швидкості та тиску навколо літального апарату, коефіцієнти лобового опору, підйомної сили та аеродинамічного моменту.

Наукова новизна роботи полягає в наступному:

1. Вперше встановленні закономірності впливу екранного ефекту на аеродинамічні характеристики профілю крила Clark-YH12.

2. Розроблено методику експериментального дослідження екранного ефекту в аеродинамічній трубі, що використовує новий електронно-цифровий комплекс для обробки тензометричних вимірювань аеродинамічних сил та схему дзеркального відображення моделей.

3. Вперше показано можливість використання екранного ефекту для створення малорозмірних літальних апаратів, що використовують динамічний принцип руху над поверхнею.

Практичне значення роботи полягає у:

1. Розроблено комплексну методику дослідження аеродинаміки малорозмірних літальних апаратів, яка включає аеродинамічний експеримент та комп'ютерне моделювання.

2. Розроблено електронно-цифровий комплекс на базі аналого-цифрових перетворювачів, тензометричних датчиків та мікроконтролера ATMEGA 328p для проведення аеродинамічного експерименту.

3. Результати числових і експериментальних досліджень можуть бути використані для обґрунтування аеродинамічних характеристик літальних апаратів з динамічним принципом руху над поверхнею.

В першому розділі розглянуто огляд розробок апаратів з динамічним принципом підтримки над поверхнею, їх переваги та недоліки. Принципи утворення такого явища, як екранний ефект та основні співвідношення які впливають на ефективність екранного ефекту.

В другому розділі розглянуто експериментальне дослідження аеродинаміки профілю крила над екраном. Розглянуто схему аеродинамічної труби Т-5, на якій проводилося експериментальне дослідження, представлено схему робочої частини, у якій встановлено два крила дзеркально одне навпроти одного на певній відстані. Наведено схему та вигляд електронно-цифрового інтерфейсу для вимірювання

аеродинамічних характеристик. Також показано умови, за яких проводилося експериментальне дослідження, та вигляд робочої області труби.

Результати аеродинамічних випробувань представлені у вигляді графіків залежності коефіцієнтів лобового опору та підйомної сили від кута атаки для профілю крила в безмежному потоці та в наближенні до екрана. Верифікація отриманих результатів відбувалась шляхом представлення та порівняння значень коефіцієнтів для цього ж профілю крила в безмежному потоці, які були отримані з бібліотеки аеродинамічних профілів *Airfoils.tools*. Відповідно до порівняння результатів було помічено, що коефіцієнт підйомної сили збільшився від 7-16% залежно від кута атаки, а коефіцієнт лобового опору більший за табличний внаслідок похибки експериментальних досліджень та шорсткості поверхні профілю, яку в експериментальному дослідженні не враховували.

Третій розділ присвячений числовим дослідженням профілю крила в наближенні до екрана. Розглянуто основні математичні рівняння Нав'є-Стокса в векторно-інтегральному вигляді та для вирішення рівнянь використовувався метод скінченних елементів. Для вирішення поставленої задачі були побудовані геометричні моделі для профілю крила в безмежному потоці та в наближенні до екрана. Побудована розрахункова сітка структурована та гібридна для двох геометричних моделей відповідно. Представлені початкові та граничні умови для числових досліджень.

Додатково, оскільки остаточних рекомендацій щодо вибору моделі турбулентності для дослідження екранного ефекту не існує, було проведено числові дослідження трьох моделей турбулентності. Результати подано у вигляді графіків коефіцієнтів лобового опору та підйомної сили. Аналіз отриманих даних показав, що моделі турбулентності демонструють схожі результати, однак, згідно з рекомендаціями інших дослідників, модель SST зарекомендувала себе краще, оскільки вона забезпечує достовірні результати як у ламінарному, так і в перехідному режимах течії. Тому перевагу було надано саме моделі турбулентності SST, яка використовувалася в подальших числових дослідженнях.

Числові дослідження проводились для профілю крила в безмежному потоці так і для профілю крила в наближенні до екрана. Результати числових досліджень представлені у вигляді графіків для коефіцієнтів підйомної сили й лобового опору. Аналіз отриманих результатів показав, що є приріст підйомної сили від 6 до 30% залежно від кута атаки, а коефіцієнт лобового опору нижчий за відповідний коефіцієнт для профілю крила в безмежному потоці. Верифікацію числових досліджень проводилось шляхом порівняння отриманих результатів числових досліджень для профілю крила в безмежному потоці з результатами атласу експериментальних досліджень ЦАГІ.

Четвертий розділ присвячено числовим параметричним дослідженням об'ємної моделі екраноплана. Модель виконана в програмному забезпеченні Autodesk Inventor, геометричні розміри були обрані так, щоб літальний апарат відповідав розмірам безпілотних надводних катерів. Для побудованої моделі екраноплана створено розрахункову область та побудовано розрахункову сітку для числового моделювання. Було проведено числове моделювання для екраноплана за

умов: швидкість 100 км/г, відстань кліренсу варується від 0,3 до 1,3, кут атаки дорівнює 0 градусів.

Результати представлені у вигляді картин полів швидкості та тиску для значення кліренсу 0,4 та загальні результати представленні у вигляді графіку залежності відносних коефіцієнтів опору, підйомної сили та аеродинамічного моменту залежно від значення кліренсу. Аналіз отриманих результатів показав, що підйомна сила підвищується до 48% при значенні кліренсу 0,3, сила лобового опору майже не змінюється залежно від значення кліренсу, аеродинамічний момент зростає майже у два рази при значенні кліренсу 0,3. Приведені результати залежності аеродинамічної якості від значення кліренсу для швидкості руху 40 км/г та 100 км/г, за результатами аналізу було зроблено висновок, що при підвищенні швидкості руху збільшується аеродинамічна якість.

Рекомендації для розробників малорозмірних літальних апаратів з динамічним принципом підтримки над поверхнею:

1. Через дисбаланс полів тиску та швидкості зверху апарату та в проміжку між землею та нижньою поверхнею апарату виникне додаткова підйомна сила. Для зменшення наведеного опору рекомендується використовувати V-подібні торці на опорних поверхнях.

2. Доцільною областю експлуатації малогабаритного екраноплана може бути діапазон висот $0,3 \leq h/c \leq 0,7$. Наближення до поверхні призводить до зміщення центру ваги апарату, що призводить до зміни аеродинамічного моменту, і це необхідно враховувати під час розробки системи керування для забезпечення стабільного польоту. Результати досліджень підтверджують ефективність запропонованої аеродинамічної схеми безпілотного екраноплана з використанням ефекту землі.

Висновки:

В ході виконання комплексних дисертаційних досліджень були отримані наступні нові наукові та практичні результати:

1. Проведено огляд та проаналізовано сучасний стан з досліджень аеродинаміки апаратів з динамічним принципом руху над поверхнею, отримано що малорозмірні літальні апарати з динамічним принципом підтримки над поверхнею потребують досліджень аеродинаміки з метою формування принципів вибору параметрів малорозмірних літальних апаратів з динамічним принципом підтримки над поверхнею. Основними методами досліджень є числові методи, але вони потребують експериментальної верифікації.

2. Розроблено методику аеродинамічного експерименту та проведено експериментальні дослідження аеродинамічних характеристик несучих поверхонь поблизу екрана за умов, профіль на якому проводили дослідження Clark-YH12, швидкість набігаючого потоку 16,5 м/с, довжина хорди 0,1 м, експеримент проводився в діапазоні 0..10 кута атаки, з відстанню до екрана 0,1 м. Проведено модифікацію електронно-цифрового інтерфейсу для зняття аеродинамічних параметрів профілю крила при експериментальному дослідженні в аеродинамічній трубі. Отримано графіки коефіцієнтів лобового опору та підйомної сили для крила з профілем Clark-YH12 поблизу екрана. При аналізі отриманих результатів

експериментальних досліджень крила в наближенні до екрана було помічено, підвищення підйомної сили на 7 – 16 % залежно від кута атаки.

3. Розроблено та верифіковано методику розрахунку аеродинамічних характеристик літальних апаратів поблизу екрана за умов, профіль на якому проводили дослідження Clark-YH12, швидкість набігаючого потоку 16.5 м/с, довжина хорди 0.1 м, експеримент проводився в діапазоні 0..8 кута атаки, з відстанню до екрана 0.1 м, було проведено дослідження трьох моделей турбулентності та за результатами обрано SST. Як результат було отримано поля розподілу швидкості та тиску для профілю Clark-YH12 в безмежному потоці, та з наближенням до екрана, побудовані графіки залежності коефіцієнтів лобового опору та підйомної сили, відносно результатів експерименту ЦАГІ для цього профілю. За результатами числових досліджень спостерігається зріс підйомної сили на 6 – 30% залежно від кута атаки, профілю крила в наближенні до екрана в порівнянні з профілем в безмежному потоці.

4. Числове моделювання показало, що за результатами розрахунку полів швидкості та тиску, в носовій частині фюзеляжу потік сповільнюється та утворюється зона підвищеного тиску. Потім потік огинає корпус і прискорюється над верхньою частиною фюзеляжу та над опорними поверхнями, що призводить до утворення зон низького тиску. У поміжку між літальним апаратом та землею потік сповільнюється, а тиск зростає, отже, створюються умови для збільшення підйомної сили. Наявність V-подібних торців запобігає перетіканню від нижньої поверхні крил до верхньої, що запобігає збільшенню наведеного опору. За опорними поверхнями утворюються два великомасштабні вихри, що обертаються в різних напрямках. Вихровий слід поступово збільшується в поперечному перерізі в міру віддалення апарату. Коефіцієнт опору майже не змінюється при наближенні апарату до землі. Вплив землі проявляється на відстанях $h/c < 1,3$, при $h/c \approx 0,3$ збільшення підйомної сили досягає 48 % порівняно з польотом у необмеженому потоці. Можна зауважити, що для малорозмірних екранопланів в області $h/c < 0,2$ є проблематичним, оскільки абсолютні значення висоти h будуть незначними. Тому у випадку незначних спотворень поверхні створюються ризики для стійкості апарату. Слід також зазначити, що режими з вищими швидкостями відповідають кращій аеродинамічній якості. На відміну від багатьох інших досліджень аеродинамічних характеристик окремих елементів екраноплана, у цьому дослідженні розглядалося повне компонування малогабаритного апарату.

Надано рекомендації щодо вибору проєктних параметрів, для розробників малорозмірних апаратів з динамічним принципом підтримки над поверхнею.

ЗАПИТАННЯ ТА ВІДПОВІДІ:

Питання кан. тех. наук, доцентка Ащепкова Н.С.:

Яким чином верифікуються отримані результати?

Відповідь: Верифікація отриманих результатів була проведена порівнянням з відомими результатами з бази аеродинамічних профілів Airfoils.tools представленими в Інтернеті й з відомими результатами експерименту ЦАГІ (Центральний аерогідродинамічний інститут), які приведені на відповідних графіках.

Питання д-р. тех. наук, професорка Сокол Г.І.:

Чи були порівняння з апаратами на підводних крилах? Чи розглядалися апарати на підводних крилах?

Відповідь: В даній роботі апарати на підводних крилах не розглядалися, в апаратах на підводних крилах трохи інший принцип створення підйомної сили.

Питання кан. тех. наук, доцентка Карпович О.В.:

На третьому слайді представлено схему обтікання профілю над екраном та вказано співвідношення кліренсу, на схемі показано що профіль має певний кут атаки, чи є вплив кута атаки на екранний ефект?

Відповідь: Так звісно, кут атаки має вплив на підйомну силу, так само як і величина кліренсу.

В науковій новизні вказано, що вперше встановлені закономірності впливу екранного ефекту на аеродинамічні характеристики профілю крила Clark-YH12, під аеродинамічними характеристиками мається на увазі сила лобового опору та підйомна сила?

Відповідь: Так, в роботі зазначено як наукова новизна, що вперше встановлено закономірності впливу екранного ефекту на силу лобового опору та підйомної сили для профілю крила Clark-YH12.

Питання кан. тех. наук, доцент Бучарський В. Л.:

У вас на графіку представлені відносні аеродинамічні коефіцієнти, що означає C_x , C_y та C_m ? Який з коефіцієнтів є постійним на графіку?

Відповідь: Позначення C_x означає коефіцієнт лобового опору, C_y коефіцієнт підйомної сили та C_m коефіцієнт аеродинамічного моменту відповідно. Майже постійною величиною на графіку є коефіцієнт лобового опору.

Питання кан. тех. наук, доцентка Лабуткіна Т. В.:

Чи був би позитивний ефект, якщо в експериментальній схемі використовувались профілі крила з різною фактурою чи матеріалами?

Відповідь: В експериментальному дослідженні, вибір такої схеми обирався з погляду на специфіку моделювання самого ефекту екрана, тому зміна фактури чи матеріалу значно не впливала б на результати.

Питання д-р. тех. наук, професор Дзюба А. П.:

Звідки ви берете данні для верифікації числових досліджень?

Відповідь: для верифікації числових та експериментальних досліджень були взяті дані з атласу аеродинамічних профілів ЦАГІ (Центральний аерогідродинамічний інститут) та з бази даних аеродинамічних профілів Airfoils.tools.

Питання д-р. тех. наук, доцент Голубек О. В.:

Чи не здається вам, що запропонована вами геометрія може бути не стійкою при обраних режимах польоту?

Відповідь: Як показало чисельне модулювання, обрана конструкція дійсно може бути нестабільною при певних режимах польоту, але стабільність це велика проблема екранопланів, для компенсування збурень в певній мірі були зроблені певні конструкторські рішення, наприклад велика хвостова частина чи V-подібні торці на опорних поверхнях. Також нестабільність обраної конструкції можна компенсувати враховуючи їх при проєктуванні системи керування.

Питання д-р. тех. наук, професорка Манько Т. А.:

Який матеріал використовувався при виготовленні моделі для проведення експериментального дослідження?

Відповідь: Методом виготовлення крила був 3D друк, матеріалом пластик PTGE.

ВИСТУП НАУКОВОГО КЕРІВНИКА:

С. О. Давидов, д-р тех. Наук, професор кафедри ракетно-космічних та інноваційних технологій

Некрасов Валерій Євгенович у 2021 році закінчив магістратуру Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара за спеціальністю «Прикладна механіка» та отримав рекомендацію до вступу в аспірантуру, до якої він був згодом зарахований у вересні місяці того же року. Під час навчання в магістратурі та аспірантурі Некрасов В.Є. виявив схильність до наукових досліджень, приймав участь у науково-дослідних роботах університету. Протягом навчання в аспірантурі Некрасов В.Є. повністю виконав освітню складову свого індивідуального плану. Зокрема, він успішно склав всі іспити й заліки.

Некрасов В.Є. також повністю реалізував наукову складову індивідуального плану, закінчивши у визначений термін роботу над дисертацією. Упродовж виконання цієї роботи здобувач виявив себе як наполегливий та зрілий дослідник, який здатний чітко визначити цілі й завдання наукового пошуку, обирати для їх виконання методи дослідження, глибоко осмислювати, систематизувати та аналізувати результати проведених наукових розробок.

Сумлінно навчаючись в аспірантурі та активно займаючись дослідницькою діяльністю, здобувач засвоїв необхідні професійно-теоретичні знання, практичне вміння й навички, опанував відповідні компетенції, що дало йому можливість продукувати нові наукові ідеї та комплексно виконати обране завдання, забезпечувати наукову новизну і практичну значущість отриманих результатів.

Дисертаційна робота Некрасова В.Є. присвячена дослідженню аеродинамічних параметрів малорозмірних літальних апаратів з динамічним принципом підтримки над поверхнею вздовж якої вони рухаються. У теперішній час використання для руху літальних апаратів екранного ефекту з метою покращення їх аеродинамічних характеристик є дуже перспективним напрямком створення нових типів літальних апаратів. Цьому питанню приділяють значну увагу провідні світові компанії відповідного напрямку.

Але без проведення всебічних наукових досліджень складних аеродинамічних процесів що виникають в цьому випадку не можливо досягнути суттєвого прогресу. Саме тому тема даної дисертаційної роботи є дуже актуальною.

Метою дисертаційної роботи є обґрунтування аеродинамічних параметрів малорозмірних літальних апаратів з динамічним принципом руху над поверхнею. Для досягнення поставленої мети успішно вирішені наукові задачі, пов'язані з розробкою методики та проведенням експериментальних досліджень аеродинамічних характеристик несучих поверхонь поблизу екрану, розробкою та верифікацією методики чисельного розрахунку аеродинамічних характеристик

літальних апаратів поблизу екрану, проведенням відповідних числових параметричних досліджень аеродинамічних характеристик.

В результаті проведених досліджень автором були отримані наукові результати, які мають значну наукову новизну, теоретичне і прикладне значення. **Наукова новизна** результатів, отриманих дисертантом, полягає у наступному:

1. Вперше встановленні закономірності впливу екранного ефекту на аеродинамічні характеристики профілю крила Clark-YH12.

2. Вперше показано можливість використання екранного ефекту для створення малорозмірних літальних апаратів, що використовують динамічний принцип руху над поверхнею.

Практичне значення дисертаційної роботи полягає у наступному:

1. Розроблено комплексну методику дослідження аеродинаміки малорозмірних літальних апаратів, яка включає аеродинамічний експеримент та комп'ютерне моделювання. Ця комплексна методика може бути безпосередньо використана у інженерній практиці при створенні нових перспективних безпілотних літальних апаратів даного типу.

2. Результати числових і експериментальних досліджень можуть бути використані для обґрунтування аеродинамічних характеристик літальних апаратів з динамічним принципом руху над поверхнею.

Публікація основних результатів дисертації. Основний зміст дисертації відображено у 2 статтях, що входять до науково-метричних бази даних Scopus, що відноситься до Q3 за класифікацією Scimago Journal Ranking, а також в тезах науково-технічної конференції. Кількість та зміст публікацій відповідає висунутим вимогам щодо оприлюднення результатів досліджень.

Висновок щодо дисертаційної роботи. Усі матеріали, які виносяться на захист, отримані особисто здобувачем. Ідеї та елементи наукових праць інших науковців супроводжуються посиланнями на авторів та джерела інформації. Особистий внесок Некрасова В. Є. у роботу, опубліковані у співавторстві, наведено у списку опублікованих робіт за темою дисертації.

На підставі проведеного аналізу можна зробити висновок, що за своєю актуальністю, значним обсягом виконаних досліджень, науковою новизною, практичним значенням, достовірністю одержаних результатів, обґрунтованістю висновків дисертація Некрасова Валерія Євгеновича «Аеродинамічні параметри малорозмірних літальних апаратів з динамічним принципом підтримки над поверхнею» відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6-9 «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 (зі змінами), а її автор, Некрасов Валерій Євгенович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 134 – Авіаційна та ракетно-космічна техніка у галузі знань 13 – Механічна інженерія.

В ОБГОВОРЕННІ ДИСЕРТАЦІЇ В.Є. НЕКРАСОВА ВЗЯЛИ УЧАСТЬ:

Доктор. тех. наук, проф. Санін А.Ф.: запропонував всім взяти участь у обговоренні представлених результатів.

Канд. тех. наук, доцент Бондаренко С. Г.: Прочитавши роботу Валерія Євгеновича, в мене склалося гарне враження, особливо хочу відмітити, те що в роботі представлено експериментальне дослідження в аеродинамічній трубі, постановка задачі є актуальною у зв'язку з подіями які відбуваються в нашій країні. Валерій Євгенович в своїй роботі розглядає не проекти великогабаритних потужних виробів, а перспективні на сьогоднішній день невеликі надводні БПЛА з ефектом екрана, що є досить актуальним напрямком досліджень. Загалом можу рекомендувати представлену роботу до захисту.

Д-р. тех. наук, професор Сокол Г. І.: Валерій Євгенович навчався на кафедрі Мехатроніки, закінчив навчання на бакалавра та магістра, був завзятим студентом, гарно навчався, за цей час він з Дудніковим Володимиром Степановичем отримав чотири патенти та опублікував чотири статті, зі мною опублікував дві статті одну в Вісник Дніпровського університету Ракетно-космічна техніка за темою «Шуми гвинтів квадрокоптера», а друга «Візуалізація акустичного випромінювання двигунної установки ракети в перші секунди старту». Бажаю йому успіхів та довести роботу до захисту, рекомендую.

Канд. фіз.-мат. наук, доцент Хамініч О. В.: По-перше, хочу зазначити, що мені як керівнику факультету, а також випускнику кафедри аерогідромеханіки, було надзвичайно приємно побачити в цій роботі поєднання експериментальної та числової аеродинаміки, а також прослухати змістовну доповідь. Можу додати, що я особисто був присутній під час проведення експериментальних досліджень. Аеродинамічна труба протягом тривалого часу не функціонувала, однак дисертант долучився до її відновлення, використав її для власних досліджень, а також здійснив модернізацію у вигляді впровадження електронно-цифрового вимірювального комплексу. Це, своєю чергою, дало змогу проводити й інші експерименти, не пов'язані безпосередньо з даною роботою. Бажаю дисертанту врахувати зауваження та побажання, висловлені під час міжкафедрального семінару, і вважаю, що представлена дисертація може бути рекомендована до захисту.

Д-р. фіз.-мат. наук, професор Дреус А. Ю.: Як керівник проєкту, у якому брав участь дисертант, можу зауважити, що під час проведення досліджень та участі у проєкті Валерій Євгенович показав свою кваліфікацію. За цей час він провів модернізацію обладнання для експлуатації аеродинамічної труби, зокрема — замінено застарілу аналогову вимірювальну систему на сучасний цифровий інтерфейс. Окрім експериментальної частини, дисертант активно займався числовими дослідженнями: виконував побудову розрахункової сітки та проводив числові розрахунки. Також можу зазначити, що він проводив числові дослідження, займався побудовою розрахункової сітки та проводив числові розрахунки. Членів семінару прошу підтримати дану роботу та рекомендувати до захисту.

Д-р. тех. наук, професор Санін А. Ф.: Так як, шановні колеги висловили ті запитання, які я хотів задати, можу зауважити, що виконання вимог Національного

фонду досліджень, є не тривіальною задачею, тому можна сказати що дисертант зХочу сказати, що підтримую цю роботу, та рекомендую до захисту.

ВИСНОВОК

Актуальність досліджень. Літальні апарати, що використовують динамічний принцип підтримки над поверхнею (екранний ефект), становлять значний інтерес як перспективні транспортні засоби, які поєднують властивості літаків та морських суден. Завдяки особливостям екранного ефекту такі апарати здатні досягати підвищеної енергоефективності, високої швидкості та збільшеного навантаження на одиницю потужності енергетичної установки. Однак, попри ці переваги, розвиток екранопланів у минулому стримувався технічними, економічними та конструктивними обмеженнями, що обмежило їх широке впровадження у військовій та цивільній сферах.

Сьогодні, з огляду на активний розвиток безпілотних технологій та зростаючу потребу в мобільних, енергоефективних і швидкісних платформах, інтерес до малорозмірних екранопланних систем знову зростає. Зокрема, можливість реалізації екранного ефекту в безпілотних літальних апаратах відкриває нові напрями їх застосування у сфері моніторингу, патрулювання, логістики та спеціальних операцій.

У процесі створення малорозмірних апаратів, що працюють у режимі екранного ефекту, важливою проблемою є забезпечення стабільності польоту, яка суттєво залежить від масштабного фактора. Саме тому постає актуальне завдання — обґрунтування аеродинамічних параметрів, які забезпечать ефективний та стійкий рух таких апаратів поблизу поверхні. Проведення відповідних числових і експериментальних досліджень є необхідною умовою для подальшої розробки надійних і керованих безпілотних платформ з динамічним принципом підтримки.

Затвердження теми та плану дисертації. Тема дисертації затверджена вченою радою Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, науковим керівником призначено доктора технічних наук, проф. С. О. Давидова (протокол № 10 від 29.05.2025 р.).

Особистий внесок автора. Всі положення наукової новизни дисертації отримані автором самостійно. В статтях, що опубліковані у співавторстві, автору належить побудова комп'ютерних моделей, проведення числових досліджень і аналіз результатів.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, які сформульовані в дисертації. Достовірність отриманих результатів забезпечується використанням фундаментальних законів та рівнянь механіки рідини та газу, всебічним тестуванням комп'ютерної моделі та задовільним збігом розрахункових результатів з результатом експериментальних досліджень.

Верифікацією інформаційно-вимірювальної системи й електронно-цифрового інтерфейсу в експериментальних дослідженнях.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. Вперше встановленні закономірності впливу екранного ефекту на аеродинамічні характеристики профілю крила Clark-YH12.
2. Розроблено методику експериментального дослідження екранного ефекту в аеродинамічній трубі, що використовує новий електронно-цифровий комплекс для обробки тензометричних вимірювань аеродинамічних сил та схему дзеркального відображення моделей.
3. Вперше показано можливість використання екранного ефекту для створення малорозмірних літальних апаратів, що використовують динамічний принцип руху над поверхнею.

Практичне значення результатів дослідження.

1. Розроблено комплексну методику дослідження аеродинаміки малорозмірних літальних апаратів, яка включає аеродинамічний експеримент та комп'ютерне моделювання.
2. Розроблено електронно-цифровий комплекс на базі аналого-цифрових перетворювачів, тензометричних датчиків та мікроконтролера ATMEGA 328p для проведення аеродинамічного експерименту.
3. Результати числових і експериментальних досліджень можуть бути використані для обґрунтування аеродинамічних характеристик літальних апаратів з динамічним принципом руху над поверхнею.

Повнота викладення матеріалів дисертації в опублікованих працях та особистий внесок у них автора. Основні матеріали дисертаційної роботи відображено у 2 статтях в журналах, які індексуються у наукометричній базі Scopus, Q3 відповідно до класифікації SCImago Journal та належать до вітчизняних фахових видань категорії А, опубліковано тези доповіді на міжнародній конференції. Публікації Некрасова В. Є. відповідають вимогам п.п. 8, 9 «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 р. № 44 (із змінами).

Список робіт, опублікованих за темою дисертації, та конкретний внесок здобувача:

1. Dreus, A., Aleksieinko, S., Nekrasov, V. (2024). Determining the aerodynamic per-formance of a high-speed unmanned marine WIG craft. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (7 (130)), 41–46 <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.309708>. (Scopus SCImagoJR Q3) (Особистий внесок: побудова геометричної моделі та розрахункової сітки, проведення числових досліджень, обробка та візуалізація результатів).
2. Dreus, A., Alekseyenko, S., Kulyk, O., & Nekrasov, V. (2025). Prospects for the creation of small-sized high-speed unmanned aerial vehicles based on WIG-craft. *EUREKA: Physics and Engineering*, (1), 34-43. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2025.003308>. (Scopus SCImagoJR Q3) (Особистий внесок: побудова геометричної моделі та розрахункової сітки, проведення числових досліджень, обробка та візуалізація результатів).

Список публікацій, які засвідчують апробації матеріалів дисертації

1. Давидов С. О., Алексеєнко С. В., Некрасов В. Є. Чисельне дослідження аеродинаміки швидкісних безпілотних літальних апаратів, що використовують ефект наближення до землі. *XXVII Міжнародна молодіжна науково-практична конференція «Людина і Космос»*: 3б. тез, м. Дніпро. 2025. С. 56–58. : <https://doi.org/10.62717/2221-4550-2025-1-013>. (Особистий внесок: побудова геометричної моделі та розрахункової сітки, проведення числових досліджень, обробка та візуалізація результатів).

УХВАЛИЛИ:

1. Вважати, що за актуальністю, ступенем новизни, обґрунтованості, наукової та практичної цінності здобутих результатів дисертація Некрасова Валерія Євгеновича «Аеродинамічні параметри малорозмірних літальних апаратів з динамічним принципом підтримки над поверхнею» відповідає вимогам, викладеним у «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (Постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44).

2. Рекомендувати дисертацію Некрасова Валерія Євгеновича «Аеродинамічні параметри малорозмірних літальних апаратів з динамічним принципом підтримки над поверхнею» до захисту в спеціалізованій вченій раді для разового захисту дисертації на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

3. Клопотати перед вченою радою університету розглянути питання про створення спеціалізованої вченої ради для разового захисту дисертації на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка Некрасова Валерія Євгеновича у такому складі:

№ з/п	Прізвище, ім'я по батькові	Місце основної роботи. Підпорядкування, посада	Науковий ступінь, шифр, назва спеціальності за якою захищена дисертація. Рік присудження	Вчене звання	Наукові публікації
1	Дзюба Анатолій Петрович (Голова)	Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, професор кафедри теоретичної і	Доктор технічних наук, 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла	Професор за кафедрою обчислювальної механіки і міцності конструкцій. 2004	1. БейцунВ., & Дзюба, А. (2024). Експериментальне дослідження податливості фланцевих з'єднань у моделі маніпулятора космічного призначення. <i>Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій</i> , 1(38),

		комп'ютерної механіки	2004.		5-19. https://doi.org/10.15421/4224101. (Стаття фахова, категорія Б) 2. Dzyuba A.P., Dzyuba P.A., Iskanderov R.A. Numerical and experimental simulation the destruction of the stretched cylindrical shell damaged by random cuts-cracks //Int. J. on Technical Physical Problems of Engineering. (IJTPE) Iss. 53. Vol. 14. No. 4. P. 175-181.December 2022 (Serial No: 0053-1404-1222). (Scopus Q3) 3. Dzyuba A.P., Safronova I.A., Levitina L.D. Numerical and experimental modeling of the behavior of flexible shell elements of structures // Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles. – K.: KNUCA, 2023. – Issue 110. – P. 3-20. DOI: 10.32347/2410-2547.2023.110.3-20. (Стаття фахова, категорія Б)
2	Бондаренко Сергій Григорович (Рецензент)	Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Міністерство освіти і науки України, доцент кафедри двигунобудування	Кандидат технічних наук, 05.07.05 – Двигуни літальних апаратів, 05.07.02 – Проектування та конструкція літальних апаратів, 1997	Доцент за кафедрою двигунобудування 1997	1. Ніколаєв О. Д., Башлій і. Д., Хоряк Н. В., Бондаренко С. Г. Вплив шорсткості поверхні камери енергетичної установки на низькочастотні автоколивання холодного робочого газу // Технічна механіка. - № 3, 2023. - С. 3-17. https://doi.org/10.15407/itm2023.03.003. (Стаття фахова, категорія Б) 2. Бондаренко С.Г., Комп'ютерне моделювання теплового режиму корисного навантаження під час міжпланетного перельоту [Текст] / С.Г. Бондаренко, А.Ю. Дреус, Ю.В. Процан, М.П. Гончаренко, С.О. Горбонос // Вісник

№ з/п	Прізвище, ім'я по батькові	Місце основної роботи. Підпорядкування, посада	Науковий ступінь, шифр, назва спеціальності за якою захищена дисертація. Рік присудження	Вчене звання	Наукові публікації
					Дніпровського університету (Серія: Ракетно-космічна техніка. Вип. 27), № 4. Том. 33, 2024. - С. 90 - 97. DOI: https://doi.org/10.15421/45241 3. (Стаття фахова, категорія Б) 3.Vasyliv S. S., Pryadko N. S., Bondarenko S. G. Combustion and detonation of paste fuel of rocket engine // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. - № 5, 2023. - Р. 72-76. - ISSN 2071-2227, E-ISSN 2223-2362. - https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-5/072. (Стаття фахова, категорія Б)
3	Хамініч Олександр Васильович (Рецензент)	Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Міністерство освіти і науки України, декан механіко-математичного факультету	Кандидат фізико-математичних наук, 01.02.05 – механіка рідини, газу та плазми 2000р.	Доцент за кафедрою прикладної газової динаміки та тепломасообміну 2005 р.	1.Dreus A., Yemets M., Dron M., Khaminich O., Rudominskyi M.CFD analysis of gas-dynamic and heat transfer processes in a propulsion system using polymer fuel (2024) Journal of Advanced Research in Numerical Heat Transfer, 21 (1), pp. 14 - 25, .DOI: 10.37934/arnht.21.1.1425. (Scopus Q3) 2.Semenenko Ye., Simes V., Khaminich O., Blyuss B., Blyuss O. Evaluation of efficiency and monitoring of the hydraulic transport complex operation modes using a mathematical model of the pulp formation unit. ISSN 1607-4556 (Print) Geo-Technical Mechanics. 2024. № 170. DOI:

№ з/п	Прізвище, ім'я по батькові	Місце основної роботи. Підпорядкування, посада	Науковий ступінь, шифр, назва спеціальності за якою захищена дисертація. Рік присудження	Вчене звання	Наукові публікації
					https://doi.org/10.15407/geotm.2024.170.028 . (Стаття фахова, категорія Б) 3. Ye. Semenenko, O. Medvedieva, V. Medianyuk, B. Bluys, O. Khaminich. Research into the pressureless flow in hydrotechnical systems at mining enterprises (2023). Mining of Mineral Deposits, 17(1), 28-34 DOI: https://doi.org/10.33271/mining.17.01.028 . (Стаття фахова, категорія Б)
4	Сохацький Анатолій Валентинович (Опонент)	Університет митної справи та фінансів Міністерства освіти і науки України, професор кафедри транспортних технологій та міжнародної логістики	Доктор технічних наук, 05.07.01 - аеродинаміка та газодинаміка літальних апаратів, 2010 р.,	Професор кафедри Транспортних систем та технологій, 2011р.,	1. Anatolii Sokhatskyi, Andrii Dreus, Mykhailo Radovskyi, Svitlana Horbonos. A review of the problem of modeling the aerodynamics of small-sized ekranoplanes. MATEC Web Conf. 390 04011 (2024) DOI: 10.1051/mateconf/202439004011. (WoS) 2. Сохацький А. В. До проблем моделювання аеродинаміки надводних транспортних апаратів. Системи та технології. 2022. №2 (64). С. 5-13 DOI: https://doi.org/10.32782/2521-6643-2022.2-64.1 . (Стаття фахова, категорія Б) 3. Сохацький А. В. Метод дискретних особливостей як засіб проектування аеродинамічних обрисів транспортних апаратів / А. В. Сохацький // Журнал обчислювальної та прикладної математики.

№ з/п	Прізвище, ім'я по батькові	Місце основної роботи. Підпорядкування, посада	Науковий ступінь, шифр, назва спеціальності за якою захищена дисертація. Рік присудження	Вчене звання	Наукові публікації
					- 2021. - № 1. - С. 186-192. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/jor_m_2021_1_27 . (Стаття фахова, категорія Б)
5	Кваша Юрій Олександрович (Опонент)	Інститут технічної механіки Національної академії наук України і Державного космічного агентства України, провідний науковий співробітник	Доктор технічних наук, 01.02.05 - механіка рідини, газу та плазми 2007р..	Старший науковий співробітник за спеціальністю 05.07.05 - теплові двигуни літальних апаратів 1998р	1. Pylypenko, O., Dolgoplov S., Nikolayev, O., Khorjak, N., Kvasha, Y., & Bashliy, I. (2024). Determination of the thrust spread in the cyclone-4m first stage multi-engine propulsion system during its start . <i>Science and Innovation</i>, 18(6), 97–112. https://doi.org/10.15407/scine18.06.097. (Scopus Q3) 2. Kvasha Yu. A., Zinevych N. A. Aerodynamic improvement of an aircraft gas-turbine engine fan. <i>Teh. Meh.</i> 2021. No. 3. Pp. 23-29. (in Ukrainian). https://doi.org/10.15407/itm2021.03.023. (Стаття фахова, категорія Б) 3. Kvasha Yu. A., Zinevych N. A., Petrushenko N. V. Features of blade shape variation in the aerodynamic improvement of aircraft gas-turbine engine compressors. <i>Technical mechanics</i>, 2022, 2, 17 – 24. DOI: https://doi.org/10.15407/itm2022.02.017. (Стаття фахова, категорія Б)

Усі кандидатури членів ради відповідають вимогам п.п. 14, 15 «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 р. № 44 (із змінами).

Результати відкритого голосування:

«За» - 21 особа.

«Проти» - немає.

«Утрималися» — немає.

Рішення прийнято одногolosно.

Голова міжкафедрального семінару



Анатолій САНІН

Секретар



Тетяна ЛАБУТКІНА