

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U002714

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 24-07-2024

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: № НСВС/71/24 від 24.09.2024



## II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кир'янов Артемій Юрійович

2. Artemii Kyrianov

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 121

Назва наукової спеціальності: Інженерія програмного забезпечення

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Інженерія програмного забезпечення

Дата захисту: 28-08-2024

Спеціальність за освітою: Інженерія програмного забезпечення

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

### **III. Відомості про організацію, де відбувся захист**

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** ДФ 26.002.176; ID 6359

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

### **IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

### **V. Відомості про дисертацію**

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 20.54.07

**Тема дисертації:**

1. Методи та програмне забезпечення децентралізованого управління груповим польотом безпілотних літальних апаратів на основі теорії неоднорідного векторного поля.
2. Methods and software of decentralised control of group flight of unmanned aerial vehicles based on the theory of inhomogeneous vector field.

**Реферат:**

1. Дисертаційна робота присвячена розробці методів та програмного забезпечення управління груповим польотом безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Важливо забезпечити групі автономних апаратів певну геометричну організацію, де вони рухаються як єдине ціле. Цей підхід використовується для виконання великої кількості практичних завдань. Наприклад, БПЛА літакового типу мають високу швидкість та маневреність, що корисно для завдань, де важлива тривалість та дальність польоту. Для забезпечення такого управління необхідно впровадити методи, які дозволяють апаратам діяти незалежно один від одного, уникаючи централізованого керування. Такий підхід часто порівнюють з груповим управлінням, де кожен

апарат приймає власні рішення. Групове управління в контексті безпілотних літаків розглядається, як організація групи апаратів з метою виконання складних завдань. Метод векторних полів польоту по заданій траєкторії є одним із способів досягнення такого групового управління, де апарати формують та підтримують задані геометричні структури для спільного виконання завдань. Метод управління групою автономних літаків, засновано на децентралізованій архітектурі консенсусу та використанні неоднорідного векторного поля проходження прямолінійного маршруту. Цей підхід спрямовано на створення алгоритмів управління, що дозволяють літакам утримувати задане положення в групі під час руху по прямолінійному горизонтальному маршруту. Він базується на принципах консенсусу та використанні векторних полів проходження маршруту, що забезпечує гнучкість у виборі бажаної форми групи з урахуванням складної динаміки БПЛА. Децентралізована архітектура консенсусу дозволяє апаратам узгоджувати своє положення за рахунок обміну інформацією, сприяючи точному слідуванню по заданій траєкторії та збереженню відносних положень літаків в групі. Цей метод має суттєве значення для застосування у сферах, де сумісне функціонування безпілотних літаків у групі є ключовим: моніторинг земної поверхні, пошук та рятування, виконання військових завдань. Ці методи гарантують асимптотичне наближення відносних положень в групі до заданих, а також наближення швидкості кожного літака до середньої крейсерської швидкості. На основі запропонованих методів були досліджені та оцінені алгоритми групового управління для системи безпілотних літаків за допомогою імітаційної математичної моделі. Проблема групового управління автономними об'єктами у реальних умовах на сьогоднішній день є досить актуальною. Це обумовлено складністю управління, динамічними змінами параметрів обстановки, обмеженнями на вхідні сигнали управління в реальних системах «автопілот-БПЛА». Питанням групового управління безпілотних літальних апаратів присвячено багато досліджень та публікацій таких зарубіжних та українських вчених: A. Piccard, C. Ryan, C. Peebles, G. Collins, A. Erickson, N. Baldock, M. R. Mokhtarzadeh-Dehghan, L. N. Craig, R. Olfati-Saber, R.W. Beard, W. Ren, T.W. McLain, H. Yamaguchi, а також Л. Артюшин, О. Кононов, О. Машков, Д. Кучеров, Т. Шевельова, П. Павленко, Д. Бондарев, В. Голембо, А. Бочкарьов, О. Мартинюк, В. Герасименко, О. Барабаш та інших. Відповідно до загальноприйнятого визначення, під груповим управлінням мається на увазі отримання заданої заздалегідь геометричної форми групою автономних динамічних об'єктів. У процесі подальшого виконання завдання група має підтримувати цю форму, діючи як тверде тіло. Групи БПЛА використовуються у великій кількості практичних завдань. Тому проблеми групового управління БПЛА отримують останнім часом велику увагу дослідників усього світу. Результати досліджень свідчать про успіх запропонованих методів управління. Алгоритми, розроблені на їх основі, продемонстрували здатність до стабільного утримання групи та точного слідування по заданим траєкторіям руху літаків за різними сценаріями. На підставі проведеного аналізу виявлено існування протиріччя на практиці: між вимогами підвищення ефективності групового управління безпілотними ЛА, що вимагає збільшення витрат на розробку математичного та програмного забезпечення та вимогами зменшення витрат на виконання безпілотними літальними апаратами різних завдань та місій; та протиріччя в теорії: між необхідністю збереження конфігурації групи БПЛА на етапі групового польоту в умовах дії зовнішніх та внутрішніх дестабілізуючих факторів та обмеженістю можливостей існуючих методів щодо забезпечення стійкості групи автономних БПЛА при децентралізованому управлінні.

2. The dissertation is devoted to the development of methods and software for group flight control of unmanned aerial vehicles (UAVs). It is important to provide a group of autonomous vehicles with a certain geometric organization, where they move as a single whole. This approach is used to perform a large number of practical tasks. For example, aircraft-type UAVs have high speed and maneuverability, which is useful for tasks where duration and range are important. To ensure such control, it is necessary to introduce methods that allow the apparatus to act independently of each other, avoiding centralized control. This approach is often compared to group management, where each apparatus makes its own decisions. Group control in the context of unmanned aircraft is considered as the organization of a group of vehicles in order to perform complex tasks. The method of vector flight fields along a given trajectory is one of the ways to achieve such group control, where the vehicles form and maintain the specified geometric structures for joint performance of tasks. The method of controlling a

group of autonomous aircraft is based on a decentralized consensus architecture and the use of a heterogeneous vector field for passing a straight route. This approach is aimed at creating control algorithms that allow aircraft to maintain a given position in the group while moving along a straight horizontal route. It is based on the principles of consensus and the use of vector fields for the passage of the route, which provides flexibility in choosing the desired form of the group, taking into account the complex dynamics of the UAV. The decentralized consensus architecture allows aircraft to coordinate their position through the exchange of information, facilitating accurate tracking of a given trajectory and maintaining the relative positions of aircraft in a group. This method is essential for use in areas where the joint functioning of unmanned aircraft in a group is key: monitoring the earth's surface, search and rescue, and performing military missions. These methods guarantee an asymptotic approximation of the relative positions in the group to the specified ones, as well as an approximation of the speed of each aircraft to the average cruise speed. On the basis of the proposed methods, the algorithms of group control for the system of unmanned aircraft using a simulation mathematical model were investigated and evaluated. The problem of group control of autonomous objects in real conditions is quite relevant today. This is due to the complexity of control, dynamic changes in situational parameters, restrictions on input control signals in real "autopilot-UAV" systems. A lot of research and publications of the following foreign and Ukrainian scientists are devoted to the issues of group control of unmanned aerial vehicles: A. Piccard, C. Ryan, C. Peebles, G. Collins, A. Erickson, N. Baldock, M. R. Mokhtarzadeh-Dehghan, L. N. Craig, R. Olfati-Saber, R.W. Beard, W. Ren, T.W. McLain, H. Yamaguchi, as well as L. Artyushin, O. Kononov, O. Mashkov, D. Kucherov, T. Sheveleva, P. Pavlenko, D. Bondarev, V. Golembo, A. Bochkarev, O. Martynyuk, V. Gerasimenko, O. Barabash and others. According to the generally accepted definition, group control means obtaining a predetermined geometric shape by a group of autonomous dynamic objects. In the process of further completion of the task, the group must maintain this form by acting as a rigid body. Groups of UAVs are used in a large number of practical tasks. Therefore, the problems of group control of UAVs have recently received great attention from researchers around the world. The results of the research testify to the success of the proposed management methods. The algorithms developed on their basis have demonstrated the ability to maintain a stable group and accurately follow the given trajectories of aircraft in various scenarios. On the basis of the analysis, the existence of a contradiction in practice has been revealed: between the requirements for increasing the efficiency of group control of unmanned aircraft, which requires an increase in the cost of developing mathematical and software, and the requirements for reducing the cost of performing various tasks and missions by unmanned aerial vehicles; and contradictions in theory: the need to maintain the configuration of a group of UAVs at the stage of group flight under the influence of external and internal destabilizing factors and the limited capabilities of existing methods to ensure the stability of a group of autonomous UAVs under decentralized control.

**Державний реєстраційний номер ДіР:**

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:** Інформаційні та комунікаційні технології

**Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:** Розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки

**Підсумки дослідження:** Нове вирішення актуального наукового завдання

**Публікації:**

- Кир'янов А.Ю. Аналіз сучасних підходів до групового керування автономними безпілотними літальними апаратами. Науковий журнал «Зв'язок», 2023, № 5 (165). С. 40 – 47.
- Барабаш О.В., Кир'янов А.Ю. Дослідження алгоритмів поведінки зграй у природі для можливості застосування в групових польотах безпілотних літальних апаратів. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, 2023. № 3. С. 40 – 49.
- Барабаш О.В., Кир'янов А.Ю. Математична модель групового управління безпілотними літальними апаратами на основі методу простору відносних станів. Вісник Хмельницького національного

університету. Серія: «Технічні науки». 2023. № 5, Том 2. С. 7 – 13.

- Barabash O., Kyrianov A. Development of control laws of unmanned aerial vehicles for performing group flight at the straight-line horizontal flight stage. Advanced Information Systems, 2023. Volume 7, No. 4. P. 13 – 20.
- Kyrianov A., Loutskii H. Research of natural sware intelligence from adaptation to the system of drain networks. «Security, Fault Tolerance, Intelligence: International Conference ICSFTI2020», May, 13 – 14, 2020. Kyiv, 2020. P. 46 – 60.
- Барабаш О.В., Кир'янов А.Ю. Методи децентралізованого управління груповим польотом безпілотних літальних апаратів. IV Міжнародна науково-практична інтернет- конференція «Russia-Ukraine War: Consequences for the World», 1-2 лютого 2024 р., м. Дніпро, 2024. С. 19 – 21.
- Барабаш О.В., Кир'янов А.Ю. Програмно-математичне забезпечення позабортової компоненти розподіленої системи інтелектуального керування групою БПЛА. V Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Integration of Education, Science and Business in Modern Environment: Winter Debates», 8-9 лютого 2024 р., м. Дніпро, 2024. С. 25 – 27.
- Барабаш О.В., Кир'янов А.Ю. Рекомендації щодо управління групою БПЛА на основі аналізу поведінки зграй в природі. Збірник матеріалів III Міжнародної науково-технічної конференції “Системи і технології зв'язку, інформатизації та кібербезпеки: актуальні питання і тенденції розвитку”, 30 листопада 2023 року, м. Київ: Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, 2023. С. 78 – 79.
- Барабаш О.В., Кир'янов А.Ю. Групове управління автономними безпілотними літальними апаратами: аналіз та перспективи. Сучасні проблеми науки, освіти та суспільства. Матеріали X Міжнародної науково- практичної конференції. SPC “Sci-conf.com.ua”, 4-6 грудня 2023 р., м. Київ, 2023. С. 401 – 402.

**Наукова (науково-технічна) продукція:** пристрої; технології; методи, теорії, гіпотези

**Соціально-економічна спрямованість:** підвищення продуктивності праці; підвищення автоматизації виробничих процесів

**Охоронні документи на ОПВ:**

**Впровадження результатів дисертації:** Впроваджено

**Зв'язок з науковими темами:** 0121U108334

## **VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Барабаш Олег Володимирович
2. Oleg V. Barabash

**Кваліфікація:** д.т.н., професор, 20.02.12

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-1715-0761

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

## **VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів**

### **Офіційні опоненти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Артюшин Георгій Михайлович
2. Leonid Artushin

**Кваліфікація:** д.пед.н., професор, 21.07.03

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-7488-7244

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Державний науково-дослідний інститут авіації

**Код за ЄДРПОУ:** 24291249

**Місцезнаходження:** вул. Андрющенко, 6, Київ, 01135, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство оборони України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Машков Олег Альбертович
2. Oleg A. Mashkov

**Кваліфікація:** д.т.н., професор, 20.02.12

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-9227-4647

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Державний заклад "Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління"

**Код за ЄДРПОУ:** 19491035

**Місцезнаходження:** вул. Митрополита Василя Липківського, буд. 35, Київ, 03035, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство екології та природних ресурсів України

**Ідентифікатор ROR:**

### **Рецензенти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Гаврилко Євген Володимирович

2. Yevhen Havrylko

**Кваліфікація:** д.т.н., с.н.с., 20.01.01

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-9437-3964

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Пасько Віктор Петрович

2. Victor Pasko

**Кваліфікація:** к. т. н., доц., 05.13.03

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-7018- 321

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

## VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
голови ради**

Коваль Олександр Васильович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
головуючого на засіданні**

Коваль Олександр Васильович

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

Кир'янов Артемій Юрійович

**Реєстратор**

УкрІНТЕІ

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є  
відповідальним за реєстрацію наукової  
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна