# Облікова картка НДДКР

**Державний обліковий номер:** 0223U000705

**Державний реєстраційний номер:** 0121U100542

**Відкрита**

**Дата реєстрації:** 19-01-2023

## 1. Етапи виконання

**Номер етапу:** 2

**Назва етапу:** Дослідження структури моделей функціонування космічних систем дистанційного зондування Землі, систем сервісного орбітального обслуговування, космічних промислових комплексів, методів машинного навчання в задачах керування та моделювання динаміки космічних апаратів і статистичних методів математичного моделювання руху об'єктів космічного сміття

**Початок етапу:** 01-2022

**Закінчення етапу:** 12-2022

**Вид звітного документа:** Проміжний звіт

## 2. Виконавець

**Назва організації:** Інститут технічної механіки Національної академії наук України і Державного космічного агентства України

**Код ЄДРПОУ/ІПН:** 05539962

**Підпорядкованість:** Національна академія наук України

**Адреса:** вул. Лешко-Попеля, буд. 15, м. Дніпро, Дніпровський р-н., Дніпропетровська обл., 49005, Україна

**Телефон:** 380563720650

**Телефон:** 380563720640

**E-mail:** office.itm@nas.gov.ua

**WWW:** http://www.itm.dp.ua

## 3. Власник результатів НДДКР (продукції)

**Назва організації:** Інститут технічної механіки Національної академії наук України і Державного космічного агентства України

**Код ЄДРПОУ/ІПН:** 05539962

**Адреса:** вул. Лешко-Попеля, буд. 15, м. Дніпро, Дніпровський р-н., Дніпропетровська обл., 49005, Україна

**Підпорядкованість:** Національна академія наук України

**Телефон:** 380563720650

**Телефон:** 380563720640

**E-mail:** office.itm@nas.gov.ua

**WWW:** http://www.itm.dp.ua

## 4. Джерела та напрями фінансування

**Підстава для проведення робіт:** 34 - договір (замовлення) з центральним органом виконавчої влади, академією наук (головними розпорядниками бюджетних коштів на проведення НДДКР)

**КПКВК:** 6541030

**Напрям фінансування:** 2.1 - фундаментальні дослідження

### Джерела фінансування

**Джерело фінансування:** 7713 - кошти держбюджету

**Фактичний обсяг фінансування за звітний етап:** 7547.769 тис. грн.

## 5. Науково-технічна робота

### Назва роботи (укр)

Розробка та вдосконалення методів системного аналізу, керування та дослідження динаміки, спрямованих на створення об’єктів космічної техніки

### Назва роботи (англ)

Development and improvement of methods for system analysis, control and research of dynamics, aimed at creating objects of space technology

### Реферат (укр)

Об'єкти дослідження – світова космічна діяльність, космічні системи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), системи орбітального сервісу (ОС), космічні промислові комплекси (КПК), електродинамічна космічна тросова система, методи машинного навчання, статистичні методи математичного моделювання руху об'єктів космічного сміття. Мета роботи – дослідження структури моделей функціонування космічних систем ДЗЗ, систем сервісного орбітального обслуговування, космічних промислових комплексів, методів машинного навчання в задачах керування та моделювання динаміки космічних апаратів (КА) і статистичних методів математичного моделювання руху об'єктів космічного сміття (ОКС). Методи дослідження – інформаційно-аналітичний, теоретичної механіки, механіки космічного польоту, оптимізації, комп'ютерного та математичного моделювання, глибокого машинного навчання, статистичні методи математичного моделювання. Отримано наступні результати. Побудовано аналітичну модель впливу зональних гармонік геопотенціалу на рух КА по майже круговим орбітам. Визначено закономірності руху КА на низьких навколоземних орбітах. Визначено проблеми динаміки космічних тросових систем. Досліджено структури балістичних моделей місій планового і екстреного ОС. Розроблено нейромережеві моделі впливу факелу електрореактивного двигуна на ОКС. Виявлено тенденції розвитку методів оцінювання відносного положення об'єкта ОС. Розроблено структуру математичної моделі функціонування та запропоновано підхід до оптимізації параметрів КПК. Розроблено структуру математичної моделі балістико-навігаційного забезпечення КПК для задачі затемнення поверхні Землі. Досліджено можливості моделювання орбітального руху КА за допомогою штучних нейронних мереж та застосування методів машинного навчання. Досліджено структуру моделей функціонування автономних космічних систем із застосуванням штучного інтелекту. Розвинуто метод параметричної ідентифікації в задачі моделювання руху ОКС. Виявлено стан розвитку світової космічної діяльності.

### Реферат (англ)

Objects of the research are the following: global space activity, space systems of Earth's remote sensing (ERS), orbital servicing (OS) systems, space industrial complexes (SIC), electrodynamic space tether system, machine learning methods, statistical methods of mathematical simulation of the space debris motion. The purpose of the work is the research of model structure of the Earth's remote sensing systems functioning, systems of orbital servicing systems, space industrial complexes, the machine learning methods in control and simulation of spacecraft (SC) dynamics and statistical methods of mathematical simulation of the space debris motion. Research methods are the following: information-analytical, theoretical mechanics, mechanics of space flight, optimization theory, mathematical simulation, deep learning. The following results have been obtained. The analytical model of the impact of zonal harmonics of the geopotential on the spacecraft motion in almost circular orbits has been constructed. The behaviors of the SC's motion in low Earth orbits have been determined. The problems of the space tether

systems dynamics have been specified. The structures of ballistic models of scheduled and emergency OS missions have been researched. Neural network models of the impact of an electric propulsion plume on the space debris object (SDO) have been developed. The approach for optimizing the SIC parameters has been proposed. The structure of the mathematical simulation for ballistic and navigation tasks of the SIC for the case eclipsing the Earth's surface has been developed. The possibilities of simulating the orbital motion of SC using artificial neural networks have been researched. The model structure of autonomous space systems functioning using artificial intelligence has been studied. The parametric identification method has been developed for the problem of a SDO motion simulation. The current state of global space activity has been revealed.

**Індекс УДК:** 629.76/.78; 629.78; 629.76, 629.78

**Коди тематичних рубрик НТІ:** 55.49

## 6. Науково-технічна продукція (НТП)

### НТП 1

**Назва продукції (укр):** НТЗ "Дослідження структури моделей функціонування космічних систем дистанційного зондування Землі, систем сервісного орбітального обслуговування, космічних промислових комплексів, методів машинного навчання в задачах керування та моделювання динаміки космічних апаратів і статистичних методів математичного моделювання руху об'єктів космічного сміття"

**Назва продукції (англ):** Scientific technical report "Research of the model structure of space systems functioning for remote sensing of the Earth, orbital service systems, space industrial complexes, methods of machine learning for the tasks of control and simulation of the spacecraft dynamics and statistical methods for mathematical simulation of space debris motion".

**Очікувані результати:** Аналітичні матеріали

**Галузь застосування:** Ракетно-космічна техніка

**Опис продукції (укр):** Матеріали НТП описують: - результати дослідження структури моделей функціонування космічних систем ДЗЗ, систем сервісного орбітального обслуговування, космічних промислових комплексів, методів машинного навчання в задачах керування та моделювання динаміки космічних апаратів і статистичних методів математичного моделювання руху об'єктів космічного сміття, тенденції світової космічної діяльності.

**Соціально-економічна спрямованість НТП:** Поліпшення стану навколишнього середовища, Економія енергоресурсів

**Стадія завершеності НТП:** Звіт по НДДКР

**Впровадження НТП:** Не впроваджено

**Строки впровадження:**

**Виробник продукції:** ІТМ НАНУ і ДКАУ

**Споживачі продукції:**

**Перспективні ринки:**

**Права інтелектуальної власності:** За договорами

**Форми та умови передачі продукції:** Спільні НДДКР

### НТП 2

**Назва продукції (укр):** Аналітична модель впливу зональних гармонік геопотенціалу на рух супутника по майже круговим орбітам

**Назва продукції (англ):** An analytical model of the impact of geopotential zonal harmonics on the motion of a satellite in almost circular orbits.

**Очікувані результати:** Методи, теорії

**Галузь застосування:** Ракетно-космічна техніка

**Опис продукції (укр):** Розроблена модель має високу точність, визначає зміни середніх елементів орбіти простими аналітичними формулами, зручна для аналізу властивостей орбіт і дозволяє здійснити вибір стійкої («замороженої»)

орбіти супутників

**Соціально-економічна спрямованість НТП:** Економія енергоресурсів

**Стадія завершеності НТП:** Звіт по НДДКР

**Впровадження НТП:** Не впроваджено

**Строки впровадження:**

**Виробник продукції:** ІТМ НАНУ і ДКАУ

**Споживачі продукції:**

**Перспективні ринки:**

**Права інтелектуальної власності:** За договорами

**Форми та умови передачі продукції:** Спільні НДДКР

### НТП 3

**Назва продукції (укр):** Нейромережеві моделі впливу факелу електрореактивного двигуна на об'єкт космічного сміття

**Назва продукції (англ):** Neural network models of the impact of an electric propulsion plume on a space debris object.

**Очікувані результати:** Методи, теорії

**Галузь застосування:** Ракетно-космічна техніка

**Опис продукції (укр):** Розроблені нейромережеві моделі визначення впливу факелу електрореактивного двигуна на об'єкт космічного сміття дозволяють в 2 3 рази пришвидшити отримання результату у порівнянні із використовуваними методами, що робить їх перспективними для використання щодо космічних апаратів і для математичного моделювання місій з видалення космічного сміття

**Соціально-економічна спрямованість НТП:** Поліпшення стану навколишнього середовища

**Стадія завершеності НТП:** Звіт по НДДКР

**Впровадження НТП:** Не впроваджено

**Строки впровадження:**

**Виробник продукції:** ІТМ НАНУ і ДКАУ

**Споживачі продукції:**

**Перспективні ринки:**

**Права інтелектуальної власності:** За договорами

**Форми та умови передачі продукції:** Спільні НДДКР

## 7. Бібліографічний опис


Pirozhenko A. V. Analytical model of satellite motion in almost circular orbits under the influence of zonal harmonics of geopotential / A. V. Pirozhenko, A. I. Maslova, V. V. Vasyliev // Space Science and Technology. – 2022. – 28, № 4(137). – P. 18 – 30. – https://doi. org/10.15407/knit2022.04.018

Redka M. O. Determination of the force impact of an ion thruster plume on an orbital object via deep learning / M. O. Redka, S. V. Khoroshylov // Space Science and Technology. – 2022. – 28, № 5 (138). – P. 15 26.

Гольдштейн Ю. М. Оптимізація перельотів між низькими орбітами з суттєвою різницею довгот висхідних вузлів / Ю. М. Гольдштейн, О. А. Фоков // Технічна механіка. – 2022. – № 3.– С. 63–74.

Саричев О. П. Визначення змін характеру руху об'єктів ракетно-космічної техніки за авторегресійними моделями в умовах нерівновіддалених спостережень / О. П. Саричев // Технічна механіка. – 2022. – № 2. – С. 25–38.

Волошенюк О. Л. Сучасні низькоорбітальні угруповання космічних апаратів дистанційного зондування Землі з використанням радарів із синтезованою апертурою / О. Л. Волошенюк // Технічна механіка. – 2022. – № 2. – С. 59–70.

Палій О. С. Класифікація технологічних процесів за їхньою реалізацією на космічній індустріальній платформі / О. С. Палій // Технічна механіка. – 2022. – № 2. – С. 123–136.

Палій О. С. Масові моделі космічної індустріальної платформи та її модулів / О. С. Палій // Технічна механіка. – 2022. – № 3. – С. 44–59.

Волошенюк О. Л. Найновіші та перспективні угруповання космічних апаратів дистанційного зондування Землі з використанням радарів із синтезованою апертурою // II науково-практична інтернет-конференція „Космічні горизонти": Збірник тез – Дніпро 2022, НЦАОМ ім. О. М. Макарова, 01-03 квітня 2022. – С. 10–14.

Identification of skippers human factor by means of navigation information systems. / O. Koretsky, P. Nosov, A. Ben, S. Zinchenko, Yu. Prokopchuk, A. Gurov // Materials of the IV International Maritime Scientific Conference of the Ship Power Plants and Technical Operation (April 18 - 21). Odessa: Odessa National Maritime University, 2022. – P. 358–363.

Редька М. О. Визначення впливу факелу іонного двигуна на орбітальний об'єкт з використанням глибинного навчання / М. О. Редька , С. В. Хорошилов // XXIV Міжнародна молодіжна науково-практична конференція «Людина і Космос»: збірка тез – Дніпро 2022, 25-27 травня 2022 року м. Дніпро, Україна. – С. 52.

Волошенюк О. Л. Алгоритм проектування угруповання космічних апаратів дистанційного зондування Землі з використанням кратних орбіт для забезпечення заданої періодичності спостереження довільного локального району поверхні Землі / О. Л. Волошенюк // II науково-практична інтернет-конференція „Космічні горизонти" за напрямом «Аерокосмічна освіта та технології навчання» : збірник тез – Дніпро 2022, НЦАОМ ім. О. М. Макарова, 01-03 серпня 2022. – С. 5–8.

Прокопчук Ю. А. Интуиция: опыт формального исследования. Днепр : Изд. ГВУЗ "ПГАСА", 2022. – 724 с. ISBN 978-966-323-188-4 (1st edition)

Прокопчук Ю. О. Механізм динамічної конкуренції при миттєвому рішенні: «креативний шар, що перемішує» / Ю. О. Прокопчук // Матеріали VIII Міжнародної конференції «Адаптивні технології управління навчанням». (Одеса, 19–20 жовтня 2022 р.). – Одеса: ПНПУ імені К. Д. Ушинського, 2022. – С. 11–13.

A cognitive approach to intelligent control theory: competencies / learning modules for distinction tasks. / Y. Prokopchuk, A. Ben, V. Ponomaryova, P. Nosov // Materials of the 14th Scientific and Practical Conference «Modern Information and Innovative Technologies in Transport (MINTT-2022)». – Kherson: XSMA, 2022. – P. 37–40.

## 8. Звітна документація

**Кількість сторінок в звіті:** 368

**Мова звіту:** Українська

**Кількість файлів у звіті:** 1

## 9. Заключні відомості

### Перелік осіб-виконавців

Авдєєв Анатолій Миколайович

Алпатов Анатолій Петрович (д. т. н., професор, член-кор.)

Бражнікова Галина Єгорівна

Візер Тетяна Федорівна

Волошенюк Оксана Леонідівна (к. т. н.)

Гольдштейн Юрій Михайлович (к. т. н., с.н.с.)

Жукова Любов Геннадіївна

Лапханов Ерік Олександрович (д.філософ)

Ломакін Ігор Анатолійович

Міщенко Олександра Василівна (к. т. н.)

Мала Валентина Миколаївна

Марченко Віктор Тимофійович

Маслова Анна Іванівна (к. ф.-м. н., с.д.)

Палій Олександр Сергійович (к. т. н.)

Пироженко Олександр Володимирович (д.ф.-м.н., с.н.с.)

Прокопчук Юрій Олександрович (д. т. н., доцент)

Редька Михайло Олександрович

Сазіна Надія Петрівна

Своробін Дмитро Сергійович

Сюткіна-Дороніна Світлана Василівна (к. т. н.)

Фоков Олександр Анатолійович (к. т. н., с.н.с.)

Хорошилов Сергій Вікторович (д. т. н., професор)

Храмов Дмитро Олександрович (к. т. н., с.н.с.)

**Керівник організації:**

Пилипенко Олег Вікторович (д. т. н., професор, акад.)

**Керівники роботи:**

Алпатов Анатолій Петрович (д. т. н., професор, член-кор.)

**Керівник відділу реєстрації наукової діяльності УкрІНТЕІ**

Юрченко Т.А.