

ОПИС ЗАВЕРШЕНОЇ РОЗРОБКИ

Найменування розробки (*трьома мовами: українською, російською, англійською*).

«Дослідження та випробування льотної моделі університетського наносупутника PolyITAN-3-PUT формату Cubesat для дистанційних спостережень Землі»

«Исследование и испытание летной модели университетского наноспутника PolyITAN-3-PUT формата Cubesat для дистанционных наблюдений Земли»

"Research and testing of the flight model of the university nanosatellite PolyITAN-3-PUT format Cubesat for remote sensing of the Earth"

1. Номер державної реєстрації 0119U100548, номер реєстрації в університеті.
2. Науковий керівник (вчений ступінь, звання). (*трьома мовами: укр., рос., англ.*)

- к.т.н. пров.н.с. Рассамакін Борис Михайлович
- к.т.н. пров.н.с. Рассамакин Борис Михайлович
- Ph.D. Senior Scientist Rassamakin Boris Mikhailovich

3. Суть розробки, основні результати. (*трьома мовами: укр., рос., англ.; обсягом не менше 1500–2000 знаків кожною мовою*).

(Укр)

Проведено удосконалену розробку та моделювання, виготовлення та дослідження підсистем - енергоживлення, навігації та орієнтації з маховично - електромагнітним виконуючим механізмом та датчиками визначення координат Сонця, швидкісного радіозв'язку та телеметрії, оптоелектронного сканера, управління та обробки даних - льотної моделі наносупутника (НС) PolyITAN-3-PUT формату 3U CubeSat для дистанційних спостережень Землі. В тому числі були :

1. Виготовлені та досліджені:

- конструкція корпусу та сонячних батареї для енергоживлення (СЕЖ) НС,
- пасивна підсистема терморегулювання космічного застосування,
- підсистема бортового оптико-електронного сканера (ОЕС) по розробленим схемотехнічним та конструктивним рішенням ОЕС для забезпечення заданого просторового та енергетичного розділення з процесом формування вихідної інформації на борту
- льотний зразок плати підсистеми навігації та орієнтації з приймачем АСН-5206Н сигналів від міжнародних супутникових систем навігації GPS/ГЛОНАСС (визначення швидкості - 0,05 м/с, часу – 40 нс, висоти -5 м)
- льотний зразок плати ПЕЖ на борту наносупутника (система ПЕЖ забезпечує роботу первинного джерела енергії (сонячних батарей) на навантаження й заряд акумуляторної батареї (характерний для освітлених ділянок орбіти) з відбором максимальної потужності

- льотній зразок плати підсистеми телеметрії на частотах 145/435 МГц

2. Створено:

- розрахункову математичну модель космічної ОЕС з врахуванням основних чинників формування інформації при спостереженнях, яка дає можливість виконувати задачі аналізу та синтезу системи, та обґрунтувати технічні рішення по підвищенню відношення сигнал/шум в ОЕС при заданій енергетичній чутливості і параметрах руху,
- математичні моделі інтегрування траєкторії польоту НС з використанням вимірювань ГЛОНАСС/GPS приймача АСН5206Н, уточнення траєкторії польоту супутника
- числову модель теплового стану основних систем та загалом НС, що враховує положення супутника на орбіті, теплові навантаження, що діють на нього при цьому, та генерацію тепла окремими елементами систем;
- уніфіковану підсистему обробки даних та програмне забезпечення, необхідне для функціонування всіх підсистем НС.
- програмне забезпечення алгоритму діагностики всіх підсистем і корисного навантаження- ОЕС , під час орбітального польоту НС з корекції бортової шкали часу по сигналах навігаційної підсистеми або зв'язної підсистеми,
- методи та способи мінімізації масо-габаритних параметрів конструкцій наносупутників,
- методи оптимізації формування вихідних даних для циклограм роботи систем НС з урахуванням обмежень по енергії для кожної з підсистем електронної платформи та засоби для максимізації запасу енергії наносупутника, що дозволить збільшити ресурс функціонування його на орбіті,
- конструкція ДКС на основі нанокристалічних шарів кремнію та відпрацьована технологія виготовлення і монтажу розроблених конструкцій
- засоби забезпечення теплового режиму роботи, програма та методика проведення тепло вакуумних випробувань наносупутника
- програмне забезпечення алгоритму діагностики всіх підсистем і корисного навантаження під час орбітального польоту НС та корекції бортової шкали часу по сигналах навігаційної підсистеми
- ПМ проведення тепловакуумних випробувань всіх підсистем НС (наземне відпрацювання).
- стенди для імітації зовнішніх магнітних полів Землі для підсистеми орієнтації та стабілізації НС та їх програмного забезпечення.
- стенди до автономних та комплексних наземних випробувань льотної моделі НС з ОЕС SMX-20S12M та приймачем GPS/GLONASS АСН-5206Н (модифікованими під космічне використання) в термовакuumній камері в умовах впливу космічних факторів.

(Рус)

Проведена усовершенствованная разработка и моделирование, изготовление и исследование подсистем - энергопитания, навигации и ориентации с маховично - электромагнитным исполняющим механизмом и

датчиками определения координат Солнца, скоростной радиосвязи и телеметрии, оптоэлектронного сканера, управления и обработки данных-летной модели наноспутника (НС) PolyITAN-3-PUT формат 3U CubeSat для дистанционных наблюдений Земли.

В том числе были:

1. Изготовлены и исследованы:

- конструкция корпуса и солнечных батарей для энергопитания (СЭП) НС,
- пассивная подсистема терморегулирования космического применения,
- подсистема бортового оптико-электронного сканера (ОЭС) по разработанному схемотехническому и конструктивному решению ОЭС для обеспечения заданного пространственного и энергетического разделения с процессом формирования исходной информации на борту
- летный образец платы подсистемы навигации и ориентации с приемником АСН-5206Н сигналов от международных спутниковых систем навигации GPS/ГЛОНАСС (определение скорости – 0,05 м/с, времени – 40 нс, высоты – 5 м)
- летный образец платы ПЭП на борту наноспутника (система ПЭЖ обеспечивает работу первичного источника энергии (солнечных батарей) на погрузку и заряд аккумуляторной батареи (характерный для освещенных участков орбиты) с отбором максимальной мощности
- лётный образец платы подсистемы телеметрии на частотах 145/435 МГц

2. Создано:

- - расчетную математическую модель космической ОЭС с учетом основных факторов формирования информации при наблюдениях, которая позволит выполнять задачи анализа и синтеза системы, и обоснованные технические решения по повышению отношения сигнал/шум в ОЭС при заданной энергетической чувствительности и параметрах движения,
- - математические модели интегрирования траектории полета НС с использованием измерений ГЛОНАСС/GPS приемника АСН-5206Н, уточнение траектории полета спутника
- - числовая модель теплового состояния основных систем и вообще НС, учитывающая положение спутника на орбите, действующие на него при этом тепловые нагрузки и генерацию тепла отдельными элементами систем;
- унифицированная подсистема обработки данных и программное обеспечение, необходимое для функционирования всех подсистем НС.
- - программное обеспечение алгоритма диагностики всех подсистем и полезной нагрузки- ОЭС, во время орбитального полета НС по коррекции бортовой шкалы времени по сигналам навигационной подсистемы или связной подсистемы,
- методы и способы минимизации массо-габаритных параметров конструкций наноспутников,
- методы оптимизации формирования исходных данных для циклограмм работы систем ЧС с учетом ограничений по энергии для каждой из подсистем электронной платформы и средства для максимизации запаса энергии наноспутника, что позволит увеличить ресурс функционирования его на орбите,

- конструкция ДКС на основе нанокристаллических слоев кремния и отработанная технология изготовления и монтажа разработанных конструкций
- средства обеспечения теплового режима работы, программа и методика проведения тепло вакуумных испытаний наноспутника
- программное обеспечение алгоритма диагностики всех подсистем и полезной нагрузки при орбитальном полете ЧС и коррекции бортовой шкалы времени по сигналам навигационной подсистемы
- ПМ проведения тепловакуумных испытаний всех подсистем НС (наземная отработка).
- стенды для имитации внешних магнитных полей Земли для подсистемы ориентации и стабилизации ЧС и их программного обеспечения.
- стенды к автономным и комплексным наземным испытаниям летной модели НС с ОЭС SMX-20S12M и приемником GPS/GLONASS ACH-5206H (модифицированными под космическое использование) в термовакуумной камере в условиях воздействия космических факторов.

(англ).....

There are done improved development and modeling, manufacturing and research of subsystems - power supply, navigation and orientation with a flywheel - electromagnetic executing mechanism and sensors for determining the coordinates of the Sun, high-speed radio communication and telemetry, an optoelectronic scanner, control and data processing - a flight model of a nanosatellite (NS) PolyITAN-3 -PUT 3U CubeSat format for remote sensing of the Earth.

Including were:

1. Manufactured and tested:

- design of the case and solar panels for power supply (EPP) NS,
- passive thermal control subsystem for space applications,
- a subsystem of an on-board optical-electronic scanner (OES) according to the developed circuitry and design solution of the OES to ensure a given spatial and energy separation with the process of generating initial information on board
- flight model of the board of the navigation and orientation subsystem with an ASN-5206N receiver of signals from international satellite navigation systems GPS / GLONASS (determination of speed - 0.05 m / s, time - 40 ns, altitude - 5 m)
- flight prototype of the PED board on board the nanosatellite (the PES system ensures the operation of the primary energy source (solar batteries) for loading and charging the battery (typical for illuminated parts of the orbit) with maximum power take-off
- flight sample of the telemeter subsystem board at frequencies of 145/435 MHz

2. Created by:

- a computational mathematical model of a space OES, taking into account the main factors of information formation during observations, which will allow performing the tasks of analysis and synthesis of the system, and justified technical solutions to increase the signal-to-noise ratio in the OES at a given energy sensitivity and motion parameters,

- - mathematical models for integrating the NS flight trajectory using GLONASS / GPS measurements of the ASN-5206N receiver, refining the satellite flight trajectory
- - a numerical model of the thermal state of the main systems and, in general, the NS, taking into account the position of the satellite in orbit, the thermal loads acting on it and the generation of heat by individual elements of the systems;
- a unified data processing subsystem and software required for the functioning of all NS subsystems.
- - software of the diagnostic algorithm for all subsystems and payload - OES, during the NS orbital flight to correct the onboard time scale according to signals from the navigation subsystem or the communication subsystem,
- methods and techniques for minimizing the mass-dimensional parameters of nanosatellite structures,
- methods for optimizing the formation of initial data for the cyclograms of the operation of emergency systems, taking into account the energy constraints for each of the subsystems of the electronic platform and means for maximizing the energy supply of the nanosatellite, which will increase the resource of its functioning in orbit,
- BCS design based on nanocrystalline silicon layers and proven technology for the manufacture and installation of the developed structures
- means of ensuring the thermal mode of operation, the program and methodology for conducting heat-vacuum tests of the nanosatellite
- software for the diagnostic algorithm of all subsystems and payload during an emergency orbital flight and correction of the onboard time scale based on signals from the navigation subsystem
- PM for conducting thermal vacuum tests of all NS subsystems (ground testing).
- stands for simulating external magnetic fields of the Earth for the subsystem of orientation and stabilization of emergency situations and their software.
- stands for autonomous and complex ground tests of the NS flight model with the SMX-20S12M OES and the ASN-5206N GPS / GLONASS receiver (modified for space use) in a thermal vacuum chamber under the influence of space factors.

4. Наявність охоронних документів на об’єкти права інтелектуальної власності (*заявка на патент, патент, свідоцтво на авторське право*).

– 3 патенти на корисну модель

№ з/п	Повні дані про охоронні документи; <u>підкреслити прізвища авторів, зазначених у списку виконавців</u>
1.	Патент України на корисну модель № 145511, МПК (2020.01) H01Q 21/00, F28D 15/02 (2006.01), H05K 7/20 (2006.01). Корпус модуля антенної решітки // Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського” / Ю.Є. Ніколаєнко, <u>Д.В. Козак</u> , О.В. Авдеєва, С.А. Рева, <u>Б.М. Рассамакін</u> , <u>Р.С. Мельник</u> , Я.В. Некрашевич. – 8 с.; Опубл. 10.12.2020. Бюл. № 23. Заявка u202005144 від 10.08.2020 р.
2.	Патент України на корисну модель UA № 147732 U, (2021.01) МПК

	H01Q 21/00, H05K 7/20 (2006.01), F28D 15/02 (2006.01). Корпус модуля антенної решітки // Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" / Ю.Є. Ніколаєнко, В.Ю. Кравець, <u>Д.В. Козак</u> , А.С. Соломаха, Д.В. Пекур, <u>Р.С. Мельник</u> , Л.В. Ліпницький, С.А. Рева. – 9 с.; Опубл. 09.06.2021. Бюл. № 23. Заявка u2020 07743 від 04.12.2020 р.
3.	Патент України на корисну модель UA № 147733 U, (2021.01) МПК H01Q 21/00, H05K 7/20 (2006.01), F28D 15/02 (2006.01). Корпус приймально-передавального модуля антенної решітки // Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" / Ю.Є. Ніколаєнко, В.Ю. Кравець, <u>Д.В. Козак</u> , А.С. Соломаха, Д.В. Пекур, <u>Р.С. Мельник</u> , Л.В. Ліпницький, С.А. Рева. – 8 с.; Опубл. 09.06.2021. Бюл. № 23. Заявка u2020 07802 від 07.12.2020 р.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

А) Порівняння характеристик підсистем навігації наносупутників різних виробників:

1. Кількість каналів наносупутника PolyITAN-3 НТУУ "Київський політехнічний інститут" - 24 (аналоги: SSBV(Aerospace & Technology group) - 12, SSTL(SGR-07) (Surrey Satellite Technology Ltd) -12);
2. Кількість антенн PolyITAN-3 - 1 (аналоги: SSBV(Aerospace & Technology group) -1, SSTL(SGR-07) (Surrey Satellite Technology Ltd) -1);
3. Похибка визначення швидкості PolyITAN-3 - 0.05м/с (аналоги: SSBV (Aerospace & Technology group) 0.25 м/с (2 σ), SSTL(SGR-07) (Surrey Satellite Technology Ltd) -0.15м/с);
4. Похибка визначення висоти PolyITAN-3 - 5 м (типове 3 м) (аналоги : SSBV (Aerospace & Technol. group) 10 м (2 σ), SSTL(SGR-07) (Surrey Satellite Technol. Ltd) -10 м).

Б) Порівняння характеристик підсистем ПЕЖ наносупутників різних виробників:

ПЕЖ PolyITAN-3

Тип АКБ, їх кількість - LiFePO₃, 3 шт.

Маса системи - 210г

З'єднання СБ - Паралельне, попарно-кратне, на кожен пару свій незалежний контролер з ТМП*. (Один потужний перетворювач завжди «шумить» більше ніж кілька малопотужних)

ККД вхідних перетворювачів - до 95%

Вихідні стабілізатори - 2х3.3V/5A, 5V/5A, 6.8V/5A, 12V/3A (різні споживачі з однаковою напругою живляться від окремих каналів не впливаючи один на одного)

Має “планувальник “задач - Так
Всі ВЧ ланки екрановані - Так
Може переходити в режим зменшених е\м завад - Так

ПЕЖ NanoPower BP4 (Данія)

Тип АКБ, їх кількість - Li-ion, 4 шт.

Маса системи - 240г

З'єднання СБ - Паралельне, один процесорно-залежний контролер з ТМП, використовуються послідовні діоди. (на діодах падає частина потужності)

ККД вхідних перетворювачів - 93%

Вихідні стабілізатори - 3.3V/5A, 5V/4A (різні споживачі з однаковою напругою об'єднані на один вихідний канал)

Має “планувальник “задач - Ні

Всі ВЧ ланки екрановані - Ні

Може переходити в режим зменшених е\м завад - Ні

*ТМП – точка максимальної потужності

За рахунок створення нової оригінальної системи ОЕС з роздільною здатністю до 30 м на висотах 350-750 км від Землі у стандарті Cubesat формату 3U - результат відповідає світовому рівню. Крім того, створення розрахункової математичної моделі космічної ОЕС з врахуванням основних чинників формування інформації при спостереженнях дасть можливість виконувати задачі аналізу та синтезу системи ДЗЗ на наносупутниках формату 3U.

6. Економічна привабливість для просування на ринок

В останнє десятиліття відзначається значне зростання числа запусків космічних апаратів з невеликою масою, це міні- і наносупутники. Традиційно такі супутники використовуються для відпрацювання нових технологій або навчання студентів, однак сфера їх застосування постійно розширюється. Тому практична цінність результатів роботи також полягає у створеному новому математичному і програмному забезпеченні функціонування підсистем навігації, орієнтації и зв'язку нових міні- і наносупутників.

Одержані результати конкурентноспроможні і будуть використані при подальших роботах по розробці і виготовленню модифікацій наносупутника КПП ім. Ігоря Сікорського, як платформ для різних космічних експериментів, а також при виробництві інших виробів космічного призначення, з метою підвищення технічного рівня негерметичних космічних апаратів: покращення їх технічних характеристик та підвищення строків активного існування.

(вартість реалізації проекту -7 000 тис. грн., терміни впровадження – 3 роки, терміни окупності – 5 років).

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, відомства, підприємства, організації).

Робота належить до пріоритетних прикладних досліджень і, за своїми результатами, буде мати суттєву соціально-економічну значимість та актуальність для декількох суміжних галузей науки (електроніки, теплотехніки, матеріалознавства та різних галузей народного господарства). Науково-технічні результати роботи можуть бути використані підприємствами та організаціями, що займаються дослідженнями та розробками:

- в космічній галузі - технологія і програмне забезпечення зйомки поверхні Землі з висоти 350-700 км при передачі інформації на частоті 5,6-5.8 ГГц,
- в області біології – проведення малобюджетного космічного біологічного експерименту на КА "Біосат",
- в геології - застосування технології проведення пошуку корисних копалин по різним методикам розпізнання зображень поверхні Землі,
- державний комітет лісового господарства України буде отримувати періодичні знімки лісових масивів.

Сонячні батареї (СБ) з фотоелементами космічного призначення в першу чергу передбачаються для використання у малогабаритних супутниках, розроблюваних у науково-дослідницьких та навчальних установах України. Це обумовлено потребою у дешевих СБ з радіаційно стійкими фотоелементами, що забезпечували б середній ККД порядку 21 %, наявність яких на внутрішньому ринку відсутня.

Космічні апарати PolyITAN національного виробництва можуть також бути використані у різних галузях народного господарства України, в тому числі у військових цілях.

8. Стан готовності розробки

- інженерний зразок (модель), підсистеми льотної моделі
- технічна документація
- розробка готова к впровадженню

9. Існуючі результати впровадження. (лабораторний зразок, технічна документація):

- інженерний зразок (модель), підсистеми льотної моделі
- технічна документація
- 2-а Акта впровадження: програмне забезпечення та приймач ГЛОНАСС/GPS АСН-5206Н космічного застосування

10. Назва підрозділу - Тепло-енергетичний факультет, телефон 044-204-8366, e-mail bmrass@ukr/net.

11. Фото (**обов'язково**) або кілька слайдів презентації з фото розробки в електронному вигляді (**рекламного характеру**). Якщо фото надається окремим файлом, бажано використовувати JPEG формат.

Склад основних елементів показано нижче:

- 1 – антена GPS/Glonass
- 2 - сонячний датчик
- 3 - об'єktiv (ОЕС)
- 4 – корпус та сотопанелі
- 5 – фотокамера (корисне навантаження - ОЕС)
- 6 – панелі сонячних батарей з механізмом розгортання
- 7 - електронна платформа
- 8 - акумуляторні батареї
- 9 - радіоантена з механізмом розгортання
- 10 - Магнітометр з механізмом розгортання
- 11 – 3D-маховик

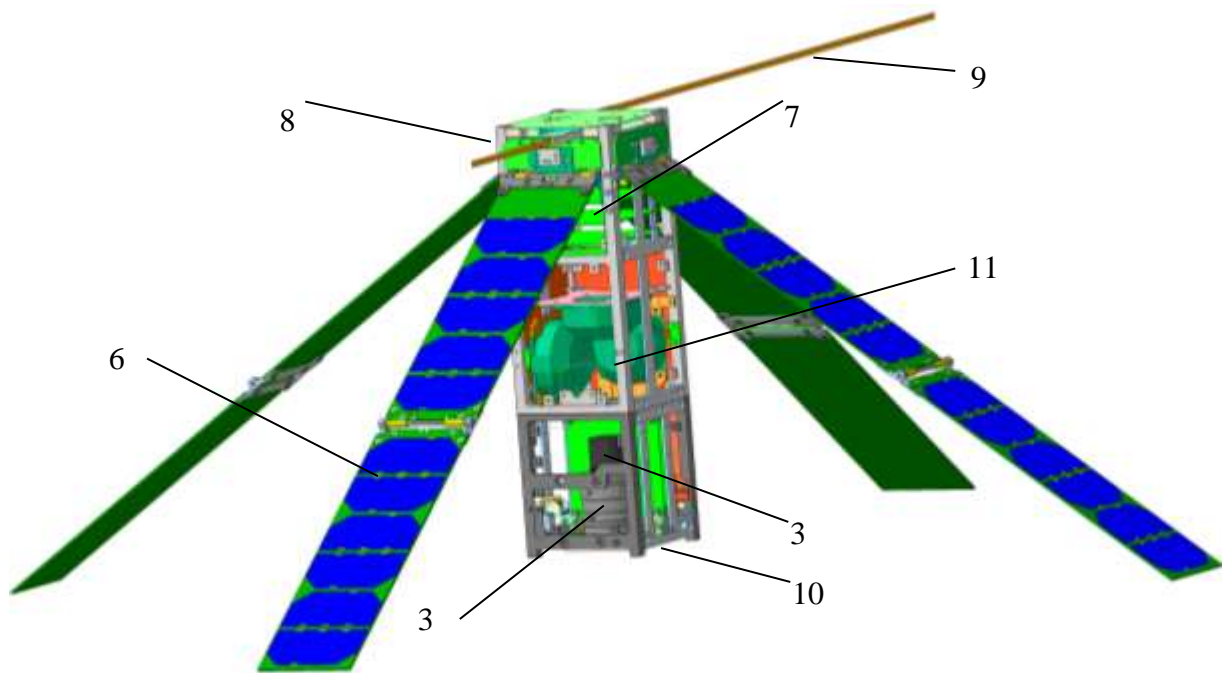
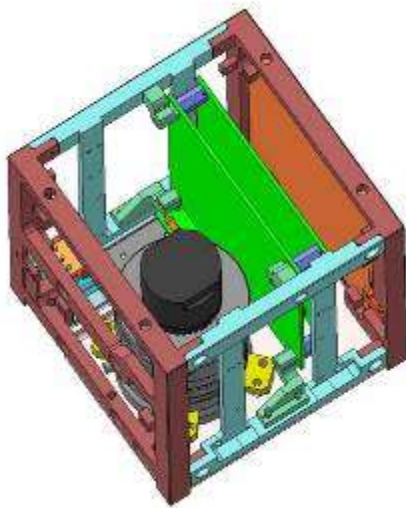


Рисунок 1- Внутрішня структура наносупутника

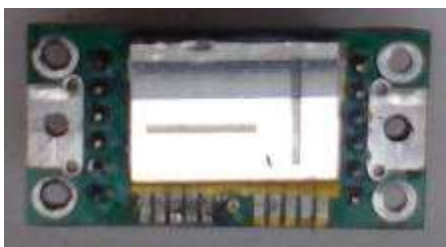


а)



б)

Рисунок 2 - а) Конструкція блоку корисного навантаження ОЕС, б)- фотокамера, об'єктив, та модуль керування



а)



б)



в)

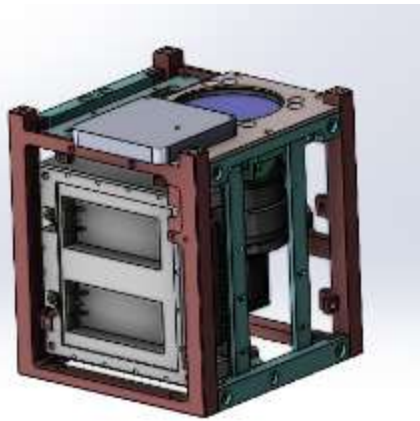


г)

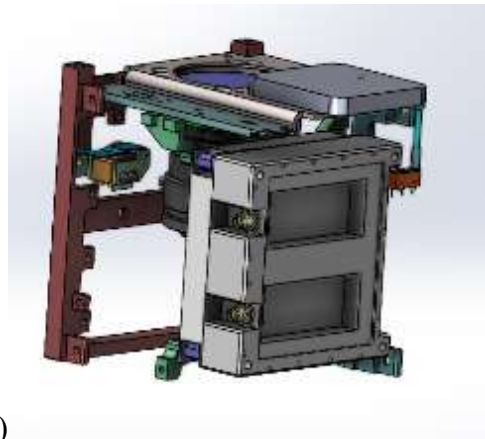


д)

Рисунок 3- а) Плата датчика Сонця, б) GPS/ГЛОНАСС антена, в) електромагніт, г) Плата магнітометра, д) Зібраний магнітометр



а)



б)

Рисунок 4– а), б) - Конструкція модуля швидкісного радіо каналу та ОЕС



а)



б)

Рисунок 4 – НС в контейнері для транспортування -
а) з СБ в зібраному вигляді, б) загальний вигляд POLYITAN-3-PUT

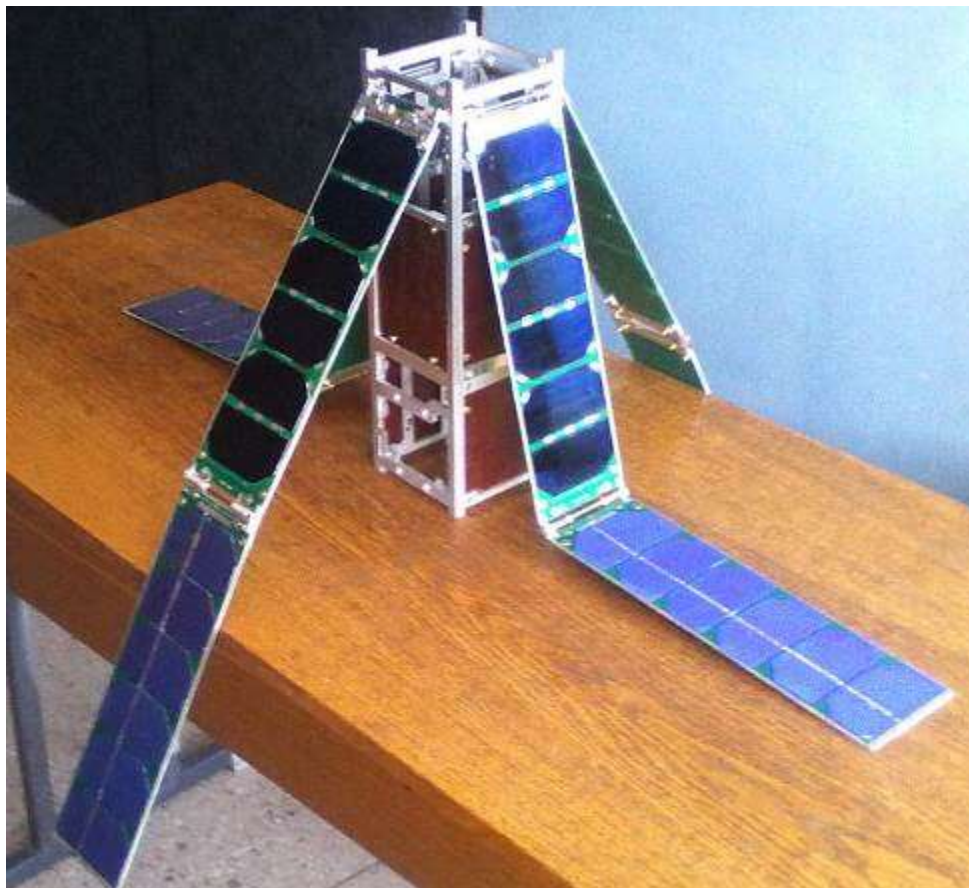


Рисунок 5 – Перевірка розгортання СБ (інженерна модель НС)

12. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання (*вагомі*: монографії, підручники, посібники, наукові статті, дисертації, інші публікації).

№	Повні дані про статті з веб-адресою електронної версії; підкреслити прізвища авторів, зазначених у списку виконавців	Наукомет р. база даних
1.	Coverage area formation for a low-orbit broadband access system with distributed satellites Ilchenko, M., Narytnik, T., Rassamakin, B., Prisyazhny, V., Kapshtyk, S. 2020 Telecommunications and Radio Engineering (English translation of Elektrosvyaz and Radiotekhnika) 79(3), с. 183-191 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85085242608&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=06a3d56f60c47bc121bd81264b3c1d1d&sot=b&sdt=b&sl=25&s=AUTHOR-NAME%28rassamakin+b%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm	Scopus
2.	<u>Impact of molecular layer on emergent photovoltaic response in silicon unraveled by photoelectron spectroscopy</u> Ivashchuk, A.V., Dusheiko, M.G., Roshchina, N.M., ...Liu, X., Fahlman, M. <u>Applied Surface Science</u> , 2021, 544, 148807 https://www.scopus.com/authid/detail.uri?origin=resultslist&authorId=16028584000&zone=	Scopus
3.	<u>Laser nanostructuring for diffraction grating based surface</u>	Scopus

	<u>plasmon-resonance sensors</u> Gnilitzkyi, I., Mamykin, S.V., Lanara, C., . Dusheiko, M.G., Bellucci, S., Stratakis, E. <i>Nanomaterials</i> , 2021, 11(3), стр. 1–10, 591 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85101590002&origin=resultlist	
4.	<u>Nakonechna, O.I., Dusheiko, M.G., Belyavina, N.N., Kuryliuk, A.M., Osipov, A.S. Metallofizika i Noveishie Tekhnologii</u> , 2020, 42(12), стр. 1659–1665 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85099764411&origin=resultlist	Scopus
5.	<u>Effect of SnO₂ structure morphology on their electrical properties</u> Nahirniak, S., Dontsova, T., Dusheiko, M., Smertenko, P., Kwapinski, W. <i>Journal of Materials Science: Materials in Electronics</i> , 2020, 31(24), стр. 21934–21947 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85094141035&origin=resultlist	Scopus
6.	<u>Carbon-rich amorphous silicon carbide and silicon carbonitride films for silicon-based photoelectric devices and optical elements: Application from UV to mid-IR spectral range</u> Sha, B., Lukianov, A.N., Dusheiko, M.G., ...Pritchyn, S.E., Klyui, N. <i>Optical Materials</i> , 2020, 106, 109959 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85084406499&origin=resultlist	Scopus
7.	<u>C-reactive protein detection based on ISFET structure with gate dielectric SiO₂-CeO₂</u> Kutova, O., Dusheiko, M., Klyui, N.I., Skryshevsky, V.A. <i>Microelectronic Engineering</i> , 2019, 215, 110993 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85065903933&origin=resultlist	Scopus
8.	<u>Nonstoichiometric amorphous silicon carbide films as promising antireflection and protective coatings for germanium in IR spectral range</u> Lukianov, A.N., Klyui, N.I., Sha, B., ...Kasatkin, V.P., Liu, B. <i>Optical Materials</i> , 2019, 88, стр. 445–450 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85058695506&origin=resultlist	Scopus
9.	<u>Simulation of the electric field in the electrode system to create of a pulsed barrier discharge in atmospheric air in the presence of water in a droplet-film state</u> Bereka, V.O., Bozhko, I.V., Brzhezitsky, V.A., Haran, Y., Trotzenko, Y.A. 2020 <i>Technical Electrodynamics</i> 2020(2), c. 17-22 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85082718602&origin=resultlist&sort=plf-f&src=s&sid=27b73007790cb91a043a646e43e3393f&sot=b&sdt=b&sl=24&s=AUTHOR-NAME%28Brzhezitsky%29&relpos=2&citeCnt=0&searchTerm=	Scopus
10.	Free-form two-mirror antenna for millimeter wave imaging Molebny, V., Sokurenko, V., Qiu, J. <i>Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering</i> , 2020, 11411, 2565665 https://www.scopus.com/authid/detail.uri?origin=resultlist&authorId=6602079965&zone=	Scopus
11.	Substantiation of a university nanosatellite television camera parameters Kolobrodov, V., Mykytenko, V., Sokurenko, V., ...Sundetov, S.,	Scopus

	Azeshova, Z. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, 2019, 11045, 1104512 https://www.scopus.com/authid/detail.uri?origin=resultslist&authorId=6602079965&zone	
12.	Yu.E. Nikolaenko, D.V. Pekur, V.M. Sorokin, V.Yu. Kravets, R.S. Melnyk, L.V. Lipnitskyi, A.S. Solomakha, Experimental study on characteristics of gravity heat pipe with threaded evaporator, Thermal Science and Engineering Progress, 26 (2021) Art. No.101107, 14 p. https://doi.org/10.1016/j.tsep.2021.101107	Scopus Q1

Перелік опублікованих англomовних статей та тез доповідей у матеріалах міжнародних конференцій, що індексуються у наукометричній базі Scopus або WoS (або Index Copernicus для суспільних та гуманітарних наук) відповідно до таблиці 3 (окремо за кожною наукометричною базою)
Таблиця 3

№ з/п	Повні дані про статті та тези доповідей з веб-адресою електронної версії; підкреслити прізвища авторів, зазначених у списку виконавців	Наукометрична база даних
1.	University Nanosatellite Television Camera Kolobrodov, V., Lysenko, O., Mykytenko, V., Sokurenko, V. 2019 IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology, ELNANO 2019 - Proceedings, 2019, стр. 543–547, 8783368 https://www.scopus.com/authid/detail.uri?origin=resultslist&authorId=6602079965&zone	Scopus
2.	<u>Application of Nanocellulose in Humidity Sensors for Biodegradable Electronics</u> Koval, V., Barbash, V., Dusheyko, M., ...Yashchenko, O., Yakimenko, Y. Proceedings of the 2020 IEEE 10th International Conference on "Nanomaterials: Applications and Properties", NAP 2020, 2020, 9309598 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85100122988&origin=resultslist	Scopus
3.	<u>Melanin/porous silicon heterojunctions for solar cells and sensors applications</u> Volynskyi, D., Dusheiko, M., Madan, R., Kutuzov, N., Obukhova, T. 2020 IEEE 40th International Conference on Electronics and Nanotechnology, ELNANO 2020 - Proceedings, 2020, стр. 343–346, 9088805 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85086313067&origin=resultslist	Scopus
4.	<u>Reactive Ion Beam Sputtered Molybdenum Oxide Thin Films for Optoelectronic Application</u> Koval, V., Dusheyko, M., Ivashchuk, A., ...Lapshuda, V., Filov, R. 2020 IEEE 40th International Conference on Electronics and Nanotechnology, ELNANO 2020 - Proceedings, 2020, стр. 246–250, 9088736 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-	Scopus

	85086303792&origin=resultslst	
5.	Metal-Assisted Chemical Etching of Silicon for Photovoltaic Application Koval, V., Yakymenko, Y., Ivashchuk, A., ...Koliada, M., Kulish, D. 2019 IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology, ELNANO 2019 - Proceedings, 2019, стр. 282–287, 8783506 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85070918301&origin=resultslst	
6.	Optical Properties of Carbon Films Obtained by Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition Sha, B., Lukianov, A., Klyui, M., Dusheiko, M., Lozinskii, V., Yakymenko, Y. 2019 IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology, ELNANO 2019 - Proceedings, 2019, стр. 365–368, 8783283 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85070892400&origin=resultslst	Scopus
7.	Volatile Organic Compounds Detection by Metal-Assisted Etched Structures Obukhova, T., Dusheiko, M., Tymoshenko, O., Chubenko, Y. 2019 IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology, ELNANO 2019 - Proceedings, 2019, стр. 225–228, 8783261 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85070854797&origin=resultslst	Scopus
8.	Amplitude-Frequency Characteristic of Broadband Voltage Divider with Ultimate Adjustment of Its Low-Voltage Arm Brzhezitsky, V., Haran, Y., Derzhuk, A., Trotsenko, Y., Protsenko, O. 2020 2020 IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems, ESS 2020 - Proceedings 9160094, c. 111-115 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85092194001&origin=resultslst&sort=plf-f&src=s&sid=27b73007790cb91a043a646e43e3393f&sot=b&sdt=b&sl=24&s=AUTHOR-NAME%28Brzhezitsky%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=	Scopus
9.	Estimation of Discharge Current Sharing between Surge Arresters with Different Protective Characteristics Connected in Parallel Trotsenko, Y., Brzhezitsky, V., Mykhailenko, V. 2020 2020 IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems, ESS 2020 - Proceedings 9160296, c. 73-78 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85092175923&origin=resultslst&sort=plf-f&src=s&sid=27b73007790cb91a043a646e43e3393f&sot=b&sdt=b&sl=24&s=AUTHOR-NAME%28Brzhezitsky%29&relpos=1&citeCnt=0&searchTerm=	Scopus
10.	Experimental Laboratory Equipped with Voltage Dividers for Power Quality Monitoring Trotsenko, Y., Brzhezitsky, V., Protsenko, O., Haran, Y. 2019 Proceedings of the International Conference on Modern Electrical and Energy Systems, MEES 2019 8896471, c.	Scopus

	270-273 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85075633418&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=27b73007790cb91a043a646e43e3393f&sot=b&sdt=b&sl=24&s=AUTHOR-NAME%28Brzhezitsky%29&relpos=3&citeCnt=1&searchTerm=	
11.	Revised effect of inductive voltage drop across line lead on protective level of surge arrester Trotsenko, Y., Brzhezitsky, V., Mykhailenko, V. 2019 2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering, UKRCON 2019 - Proceedings 8879939, c. 341-344 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85074939226&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=27b73007790cb91a043a646e43e3393f&sot=b&sdt=b&sl=24&s=AUTHOR-NAME%28Brzhezitsky%29&relpos=4&citeCnt=1&searchTerm=	Scopus
12.	Application of three-capacitance models for simulation of partial discharges in solid dielectric containing several cavities Trotsenko, Y., Brzhezitsky, V., Protsenko, O., Mykhailenko, V. 2019 2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering, UKRCON 2019 - Proceedings 8879931, c. 279-282 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85074916238&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=27b73007790cb91a043a646e43e3393f&sot=b&sdt=b&sl=24&s=AUTHOR-NAME%28Brzhezitsky%29&relpos=5&citeCnt=3&searchTerm=	Scopus
13.	Partial Discharge as Threat to Insulation of High Voltage Direct Current Transmissions Trotsenko, Y., Brzhezitsky, V., Protsenko, O. 2019 2019 IEEE 6th International Conference on Energy Smart Systems, ESS 2019 - Proceedings 8764201, c. 24-27 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85069915939&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=27b73007790cb91a043a646e43e3393f&sot=b&sdt=b&sl=24&s=AUTHOR-NAME%28Brzhezitsky%29&relpos=6&citeCnt=1&searchTerm=	Scopus

Перелік опублікованих статей та тез доповідей у матеріалах міжнародних конференцій

1.	Козак Д.В., Ніколаєнко Ю.Є. Теплові характеристики конвективного теплообмінника для приймально-передавального модуля АФАР // Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених та студентів, м. Київ, 2020 р. У 2 т. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – Т. 1.– 225 с. – С. 93. - ISBN 978-966-622-997-0. ISBN 978-966-622-998-7 (Т.1). Режим доступу: https://tef.kpi.ua/rub_366.htm	
----	---	--

2.	<p>Ніколаєнко Ю.Є. Експериментальне дослідження ефективності застосування теплових труб для охолодження приймально-передавальних модулів АФАР РЛС / Ю.Є. Ніколаєнко, Д.В. Козак // Проблеми координації воєнно-технічної та оборонно-промислової політики в Україні. Перспективи розвитку озброєння та військової техніки. Тези доповіді на VIII науково-технічній конференції. Міністерство оборони України, Міністерство освіти і науки України. Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України. 2020. – 424 с. – С. 158-159. https://mon.gov.ua/ua/nauka/innovacijna-diyalnist-ta-transfer-tehnologij/publikaciyi</p>	
3.	<p>Козак Д.В., Ніколаєнко Ю.Є. Визначення внутрішнього діаметру пульсаційних теплових труб з низькотемпературними теплоносіями // Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики. У 2-х т. : Матеріали XIX Міжнар. наук.-практ. конф. молод. вчених і студ., м. Київ, 20–23 квіт. 2021 р. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2021. – Т. 1. – 334 с. – С. 127-128. ISBN 978-966-990-025-8 (Заг.). ISBN 978-966-990-026-5 (Т. 1). Режим доступу: https://tef.kpi.ua/rub_372.htm file:///C:/Users/user/AppData/Local/Temp/2021-tom1-tezy.pdf</p>	
4.	<p>Мельник Р.С., Липницький Л.В., Ніколаєнко Ю.Є. Швидкознімний нагрівальний модуль для теплових досліджень експериментальної партії теплових труб // Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики. У 2-х т. : Матеріали XIX Міжнар. наук.-практ. конф. молод. вчених і студ., м. Київ, 20–23 квіт. 2021 р. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2021. – Т. 1. – 334 с. – С. 131-132. ISBN 978-966-990-025-8 (Заг.). ISBN 978-966-990-026-5 (Т. 1). Режим доступу: https://tef.kpi.ua/rub_372.htm file:///C:/Users/user/AppData/Local/Temp/2021-tom1-tezy.pdf</p>	
5.	<p>Липницький Л.В., Мельник Р.С., Ніколаєнко Ю.Є. Конструкція теплової труби з різьбовою капілярною структурою зі змінним коефіцієнтом заповнення // Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики. У 2-х т. : Матеріали XIX Міжнар. наук.-практ. конф. молод. вчених і студ., м. Київ, 20–23 квіт. 2021 р. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2021. – Т. 1. – 334 с. – С. 141-142. ISBN 978-966-990-025-8 (Заг.). ISBN 978-966-990-026-5 (Т. 1). Режим доступу: https://tef.kpi.ua/rub_372.htm file:///C:/Users/user/AppData/Local/Temp/2021-tom1-tezy.pdf</p>	
6.	<p>Пекур Д.В. Вплив теплопровідності теплових труб на теплові характеристики корпусу приймально-передавального модуля / Д.В. Пекур, Ю.Є. Ніколаєнко, В.Ю. Кравець, Р.С. Мельник, Д.В. Козак // Труды XXII міжнародної науково-практичної конференції “Сучасні інформаційні та електронні технології”. 24 травня — 28 травня 2021 р. – Одеса. – Політехперіодика, 2021. – С. 52-53. http://www.tkea.com.ua/siet/archive/2021/52-53.pdf http://www.tkea.com.ua/siet/archive/2021/2021.html</p>	

7.	Козак Д.В. Вибір робочої рідини і геометричних характеристик для ефективної роботи пульсаційних теплових труб / Д.В. Козак, Ю.Е. Николаенко, В.Ю. Кравец, Р.С. Мельник, Д.В. Пекур // Труды XXII міжнародної науково-практичної конференції “Сучасні інформаційні та електронні технології”. 24 травня — 28 травня 2021 р. – Одеса. – Політехперіодика, 2021. – С. 54-55. http://www.tkea.com.ua/siet/archive/2021/54-55.pdf http://www.tkea.com.ua/siet/archive/2021/2021.html	
8.	Соломаха А.С. Системи охолодження приймально-передавальних модулів радіолокаційних станцій на основі теплових труб / А.С. Соломаха, Ю.Є. Ніколаєнко, В.Ю. Кравец, Р.С. Мельник, Д.В. Козак, Д.В. Пекур, Л.В. Ліпницький // Труды XXII міжнародної науково-практичної конференції “Сучасні інформаційні та електронні технології”. 24 травня — 28 травня 2021 р. – Одеса. – Політехперіодика, 2021. – С. 56-57. http://www.tkea.com.ua/siet/archive/2021/56-57.pdf http://www.tkea.com.ua/siet/archive/2021/2021.html	
9.	Мельник Р.С. Новий метод визначення оптимального коефіцієнту заповнення теплових труб та термосифонів / Р.С. Мельник, Ю.Є. Ніколаєнко, В.Ю. Кравец, Д.В. Пекур, Д.В. Козак, Л.В. Ліпницький // Труды XXII міжнародної науково-практичної конференції “Сучасні інформаційні та електронні технології”. 24 травня — 28 травня 2021 р. – Одеса. – Політехперіодика, 2021. – С. 58-59. http://www.tkea.com.ua/siet/archive/2021/58-59.pdf http://www.tkea.com.ua/siet/archive/2021/2021.html	

Перелік опублікованих статей, у журналах що входять до переліку фахових видань України (*окремо статті у журналах, що рекомендовані секціями Наукової ради МОН*), а також статей у закордонних журналах

№	Повні дані про статті з веб-адресою електронної версії; <u>підкреслити прізвища авторів, зазначених у списку виконавців</u>
1.	DEVELOPING AND CREATION OF GROUND TESTING SIMULATOR FOR ORIENTATION AND STABILIZATION SYSTEM OF POLYITAN NANOSATELLITES O Padun, Y Kovalenko, B Rassamakin... - Journal of Rocket ..., 2019 - rocketspace.dp.ua http://rocketspace.dp.ua/index.php/rst/article/view/25
2.	Мельник Р.С. Візуалізація процесів пароутворення у двофазному термосифоні за різної його орієнтації в просторі // <u>Р.С. Мельник</u> , Л.В. Ліпницький, Ю.Є. Ніколаєнко, В.Ю. Кравец, Д.В. Пекур // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2021. – № 5-6. http://dx.doi.org/10.15222/ТКЕА2021.5-6.00 Фахове видання категорії Б

13. Надати ключові слова до розробки:

Наносупутник, ДЗЗ, Cubesat, космічний опто-електронний сканер