

Розробка та дослідження універсальної енергозберігаючої підсистеми електроживлення до оптико-електронного сканера та прецизійного приймача GPS/GLONASS космічного застосування.

Разработка и исследование универсальной энергосберегающей подсистемы электропитания для оптико-электронного сканера и прецизионного приемника GPS / GLONASS космического применения.

Development and research of universal energy saving subsystem power supply to the optoelectronic scanner and precision GPS / GLONASS space receiver.

1. Номер державної реєстрації теми - 0118U002077

2. Науковий керівник: к.т.н. н.с. Коваленко Євген Юрійович, Коваленко Євгеній Юрійович, Kovalenko Yevhen Yuriyovych

3. Суть розробки, основні результати.

(укр.) Робота спрямована на створення універсальної підсистеми електроживлення наносупутників, що зможе забезпечити високоякісне живлення космічних приладів - прецизійного приймача GPS/GLONASS та оптико-електронного сканера (ОЕС) у якості корисного навантаження НС GraviSat та PolyITAN-3.

Основною науковою проблемою проекту є оптимізація схемотехнічних та конструктивних рішень підсистеми електроживлення наносупутників, низький рівень електромагнітних завад, висока потужність корисного навантаження (до 10 Вт при форматі 3U SubSats) та арсенід-галієві сонячні батареї, що розкриваються. Також необхідним є автоматичне формування циклограм керування електроживленням з рознесенням у часі роботи корисного навантаження та інших систем НС, та рівномірніший часовий розподіл навантажень. Це дозволить використовувати енергію більш ефективно, а також значно зменшить рівень завад при роботі чутливих вимірювальних систем дозволяючи їм працювати більш якісно та точно, а також збільшить ефективність використання енергії супутником в цілому.

Предметом дослідження і розробки є

- створення засобів та методів зменшення електромагнітних завад корисного навантаження наносупутників, оптимізація циклограм керування приладами та системами наносупутників PolyITAN-3 та GraviSat для максимізації їх запасу енергії або залишкового часу роботи.,

- схемотехнічні та конструктивні рішення для ефективного енергозабезпечення космічних апаратів в умовах впливу космічних факторів.

Метою проекту є розробка методів та способів формування циклограм керування перетворювачами системи електроживлення, для ефективного використання енергії електронною платформою для наносупутників **PolyITAN-3** та **GraviSat** із оптико-електронною камерою-сканером C5180 та приймачем GPS/GLONASS CH-4706M, модифікованими під космічне використання; зменшення рівня електромагнітних завад та збільшення часу роботи НС на орбіті, виготовлення та експериментальне дослідження параметрів (струми, напруги, їх пульсації, тощо) удосконаленої підсистеми електроживлення для експериментальної моделі до наносупутників PolyITAN-3 та GraviSat в проектах МОН.

Розроблена система електроживлення забезпечує наступне:

- роботу первинного джерела енергії (сонячних батарей) на навантаження й заряд акумуляторної батареї (характерний для освітлених ділянок орбіти) з відбором максимальної потужності;

- роботу акумуляторної батареї на навантаження при непрацюючому первинному джерелі енергії (характерний для тіньових ділянок орбіти);

- спільну роботу первинного джерела енергії й акумуляторної батареї на навантаження (характерний для освітлених ділянок орбіти у випадку перевищення споживаної потужності енергії первинного джерела);

- електроживлення навантажень із необхідними характеристиками;

- дистанційне керування каналами;

- постійний телемоніторинг каналів навантаження;

- електроживлення оптико-електронної камери-сканера С5180 та приймача GPS/GLONASS СН-4706М, модифікованими під космічне використання, із необхідними для їх характеристиками;

- 6 каналів навантаження з можливістю апаратного вставлення вихідної напруги в діапазоні 1,3-12В;

- низький рівень власних електромагнітних завад;

- забезпечення теплових режимів елементів систем електроживлення НС в умовах впливу космічного простору;

- функцій включення/виключення бортового обладнання та проведення діагностики всіх підсистем і корисного навантаження на початковому періоді орбітального польоту супутника;

Проведено також:

- виготовлення стендів для імітації систем електроживлення для перевірки і налаштування підсистем НС та їх програмного забезпечення;

- проведення повного циклу досліджень та випробувань;

1. автономні та комплексні наземні випробування експериментального зразка ПЕЖ та НС із оптико-електронною камерою-сканером С5180 та приймачем GPS/GLONASS СН-4706М, модифікованими під космічне використання, в термовакuumній камері в умовах впливу космічних факторів.

(рос.) Работа направлена на создание универсальной подсистемы электропитания наноспутников, что сможет обеспечить высококачественное питание космических приборов - прецизионного приемника GPS \ GLONASS и оптико-электронного сканера (ОЭС) в качестве полезной нагрузки НС GraviSat и PolyITAN-3.

Основной научной проблемой проекта является оптимизация схемотехнических и конструктивных решений подсистемы электропитания наноспутников, низкий уровень электромагнитных помех, высокая мощность полезной нагрузки (до 10 Вт при формате 3U CubSats) и арсенид-галлиевые солнечные батареи, раскрываются. Также необходимо автоматическое формирование циклограмм управления электропитанием с разнесением во времени работы полезной нагрузки и других систем НС и равномерное временное распределение нагрузок. Это позволит использовать энергию более эффективно, а также значительно уменьшит уровень помех при работе чувствительных измерительных систем позволяя им работать более качественно и точно, а также увеличит эффективность использования энергии спутником в целом.

Предметом исследования и разработки является

- создание средств и методов уменьшения электромагнитных помех полезной нагрузки наноспутников, оптимизация циклограмм управления приборами и системами наноспутников PolyITAN-3 и GraviSat для максимизации их запаса энергии или остаточного времени работы.,

- схемотехнические и конструктивные решения для эффективного энергообеспечения космических аппаратов в условиях воздействия космических факторов.

Целью проекта является разработка методов и способов формирования циклограмм управления преобразователями системы электропитания, для эффективного использования энергии электронной платформой для наноспутников PolyITAN-3 и GraviSat с оптико-электронной камерой-сканером С5180 и приемником GPS / GLONASS СН-4706М, модифицированными под космическое использования; снижение уровня электромагнитных помех и увеличения времени работы НС на орбите, изготовление и экспериментальное исследование параметров (токи, напряжения, их пульсации и т.д.) усовершенствованной

подсистемы электропитания для экспериментальной модели к наноспутников PolyITAN-3 и GraviSat в проектах МОН.

Разработанная система электропитания обеспечивает следующее:

- работу первичного источника энергии (солнечных батарей) на погрузку и заряд аккумуляторной батареи (характерный для освещенных участков орбиты) с отбором максимальной мощности;

- работу аккумуляторной батареи на нагрузку при неработающем первичном источнике энергии (характерный для теневых участков орбиты)

- совместную работу первичного источника энергии и аккумуляторной батареи на нагрузку (характерный для освещенных участков орбиты в случае превышения потребляемой мощности энергии первичного источника)

- электропитание нагрузок с необходимыми характеристиками;

- дистанционное управление каналами;

- постоянный телемониторинг каналов нагрузки.

- электропитание оптико-электронной камеры-сканера С5180 и приемника GPS / GLONASS СН-4706М, модифицированными под космическое использования, с необходимыми для их характеристиками;

- 6 каналов нагрузки с возможностью аппаратного выставления выходного напряжения в диапазоне 1,3-12В;

- низкий уровень собственных электромагнитных помех;

- обеспечение тепловых режимов элементов систем электропитания НС в условиях воздействия космического пространства;

- функций включения / выключения бортового оборудования и проведение диагностики всех подсистем и полезной нагрузки на начальном периоде орбитального полета спутника;

Проведено также:

- изготовление стендов для имитации систем электропитания для проверки и настройки подсистем ЧС и их программного обеспечения;

- проведение полного цикла исследований и испытаний;

- автономные и комплексные наземные испытания экспериментального образца ПЕЖ и ЧС с оптико-электронной камерой-сканером С5180 и приемником GPS / GLONASS СН-4706М, модифицированными под космическое использования, в термовакуумных камере в условиях воздействия космических факторов.

(eng.) The work is aimed at creating a universal power supply subsystem for nanosatellites, which will be able to provide high-quality power to space devices - precision GPS \ GLONASS receiver and optoelectronic scanner (OEC) as a payload of GraviSat and PolyITAN-3.

The main scientific problem of the project is the optimization of circuit and design solutions of the nanosatellite power supply subsystem, low level of electromagnetic interference, high payload power (up to 10 W in 3U CubSats format) and opening arsenide-gallium solar panels. It is also necessary to automatically generate power management cyclograms with a difference in the operating time of the payload and other emergency systems, and a more uniform time distribution of loads. This will allow the use of energy more efficiently, as well as significantly reduce the level of interference in the operation of sensitive measuring systems, allowing them to work more efficiently and accurately, as well as increase the efficiency of energy use by the satellite as a whole.

The subject of research and development is

- creation of means and methods of reduction of electromagnetic interference of payload of nanosatellites, optimization of cyclograms of control of devices and systems of nanosatellites PolyITAN-3 and GraviSat for maximization of their energy reserve or residual operating time.,

- circuit and design solutions for efficient power supply of spacecraft under the influence of space factors.

The aim of the project is to develop methods and ways of forming cyclograms of power supply converters control, for efficient energy use by electronic platform for PolyITAN-3 and GraviSat

nanosatellites with optoelectronic camera-scanner C5180 and GPS / GLONASS CH-4706M receiver, modified for space use; reducing the level of electromagnetic interference and increasing the time of emergency operation in orbit, fabrication and experimental study of parameters (currents, voltages, their pulsations, etc.) of the improved power supply subsystem for the experimental model to PolyITAN-3 and GraviSat nanosatellites in MES projects.

The developed power supply system provides the following:

- operation of the primary energy source (solar batteries) for the load and charge of the battery (typical for illuminated areas of the orbit) with the selection of maximum power;
- operation of the battery for load when the primary energy source is not working (typical for the shadow areas of the orbit);
- joint work of the primary energy source and the battery on the load (typical for illuminated areas of the orbit in case of exceeding the power consumption of the primary source);
- power supply of loads with necessary characteristics;
- remote control of channels;
- constant telemonitoring of load channels.
- power supply of the C5180 optoelectronic camera-scanner and GPS / GLONASS SN-4706M receiver, modified for space use, with the necessary characteristics for them;
- 6 load channels with the possibility of hardware setting of the output voltage in the range of 1.3-12V;
- low level of own electromagnetic interference;
- providing thermal regimes of elements of emergency power supply systems in the conditions of space influence;
- on / off functions of the onboard equipment and diagnostics of all subsystems and payload at the initial period of the satellite's orbital flight;

Also conducted:

- production of stands for simulation of power supply systems for testing and adjustment of emergency subsystems and their software;
 - conducting a full cycle of research and testing;
- autonomous and complex ground tests of the experimental sample of PEZH and NS with optoelectronic camera-scanner C5180 and GPS / GLONASS receiver SN-4706M, modified for space use, in a thermovacuum chamber under the influence of space factors.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.

Немає

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Наукові результати є на рівні технологій світового рівня (див. таблицю) у класі наносупутників формату CubeSat за рахунок створення нових ПЕЖ:

#

ПЕЖ PolyITAN-3 та GraviSat (КПІ)

Тип АКБ, їх кількість - LiFePO₃, 3 шт.

Маса системи - 210г

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

ККД вхідних перетворювачів - до 95%

Вихідні стабілізатори - 2x3.3V/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

#

NanoPower BP4 (Данія) (2016 р.)

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 ϵ м завад Ні

Використання гібридної технології та технології кремнієвих сонячних елементів з наноструктурованими шарами кремнію при створенні сонячної батареї наразі не описано у жодній міжнародній публікації.

6. Економічна привабливість для просування на ринок (вартість реалізації проекту, терміни впровадження та окупності, показники).

Вартість реалізації проекту з урахуванням виготовлення, впровадження необхідного обладнання та запуску на орбіту – 300000 євро. Термін впровадження – 1 рік. Окупність за рахунок продажу отриманих даних космічного сканування зацікавленим установам – 5 років.

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

Отримані результати – технічні характеристики приймача GPS/Glonass, конструктивні особливості, ефективна теплопровідність каркасу сонячної батареї та програмне забезпечення циклограми супутника - **будуть використані** при виготовленні модифікацій наносупутників НТУУ «КПІ» для України та закордонних Замовників (фірми ISIS, м. Делфт, Нідерланди), 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 за рахунок:

- проведення фізичних випробувань та досліджень об'єктів космічної техніки (підприємства та університети України);

- впровадження розроблених конкурентоспроможних програм та методик (тепловакуумних програм и методик випробувань КА в проектах ДП «КБ «Південне»);

- впровадження прогнозуючої програми моделювання теплових режимів виробів космічної техніки та електроніки (теплові моделі КА в проектах ДП «КБ «Південне»);

Для використання в розробці тепловізійного сканера космічного базування в рамках «Загальнодержавної цільової науково-технічної космічної програми України на 2013–2017 роки» до КП СПБ «Арсенал» будуть передані методичні рекомендації по визначенню просторової роздільної здатності передавальних тепловізійних камер.

У ДП НВК «Фотоприлад» (м. Черкаси) та НДІ «Квант» (м. Київ) будуть передані блоки математичної моделі визначення відстані дії тепловізійних систем при заданих ймовірностях та пропозиції по підвищенню ефективності функціонування цих систем.

При виконанні роботи передбачається залучення студентів кафедри мікроелектроніки факультету електроніки НТУУ «КПІ» з метою напрацювання досвіду та підвищення якості освіти. Результати роботи мають інвестиційну привабливість, про що свідчать перемоги на форумі інноваційних проектів "Sikorsky Challenge".

Отримано принципово нові результати при конструюванні наносупутника та використанні в його конструкції нових матеріалів (вуглепластикові сотопанелі) і приладів (відпрацювання та тестування в космосі приймача GPS/Glonass виробництва України). Істотне зниження енерговитрат наносупутника (застосування сотопанелей і мікротеплових труб),

сприятиме розвитку галузей наукового приладобудування, матеріалознавства, електроніки та інших споріднених галузей.

Свою зацікавленість у впровадженні науково-технічних результатів роботи офіційно підтвердили такі підприємства: ДКБ «Південне», ТОВ «Навіс-Україна», ISIS (м. Делфт, Нідерланди). Компанія GAUSS SrlSpaceSystems (Італія), The von Karman Institute (VKI) Netherlands, Познанський університет технологій (Польща), UAB "Novum Universum" Литва, ПАТ Курс, м. Київ

Результати роботи можуть бути корисні для застосування в інтересах сільського та лісного господарства, МНС, геології, метеорології та ін.

8. Стан готовності розробки.

2. Розроблена технічна документація та дослідний зразок, в тому числі:- Технічне завдання.- Звіт про НДР.- Ескізна конструкторська документація підсистеми енергоживлення (ПЕЖ) НС. Діючі зразки електронних плат підсистеми енергоживлення наносупутника, сонячної батареї та датчика сонця.Робота готова до впровадження.

9. Існуючі результати впровадження.

На навколосезній орбіті працюють наші наносупутники PolyItan-1 (запуск 2014р.), PolyItan-2 (запуск 2016р), призначення яких – відпрацювання космічних технологій та вивчення складу та стану атмосфери.

10. Назва підрозділу, телефон, e-mail. ТЕФ, каф АЕС і ІТФ, cubsat@ukr.net, 044-204-83-66

11. Фото розробки

Конструкція наносупутника PolyITAN-3

Наносупутник являє собою малий космічний апарат (штучний супутник Землі), що має вагу близько 3 кг і габарити 100мм x100мм x320мм. Наносупутник складається з підсистем: обробки даних, орієнтації й стабілізації, навігації, телеметрії, електропостачання, приймально-передавальної підсистеми, міжсистемної кабельної мережі й конструкції (несучий каркас та панелі).

Конструкція НС забезпечує механічну сполуку бортової апаратури й всіх елементів супутника в єдине ціле, монтаж кабельної мережі, зачеховку, їхню фіксацію на момент транспортування, виводу на орбіту та приведення в робочий стан на орбіті. Зовнішній вигляд PolyITAN-3 представлений нижче

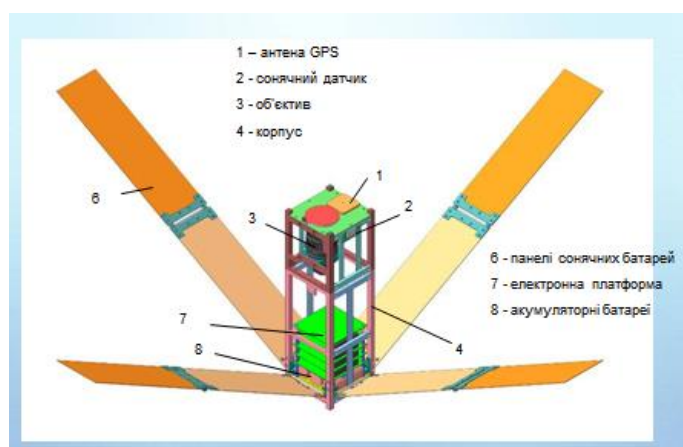
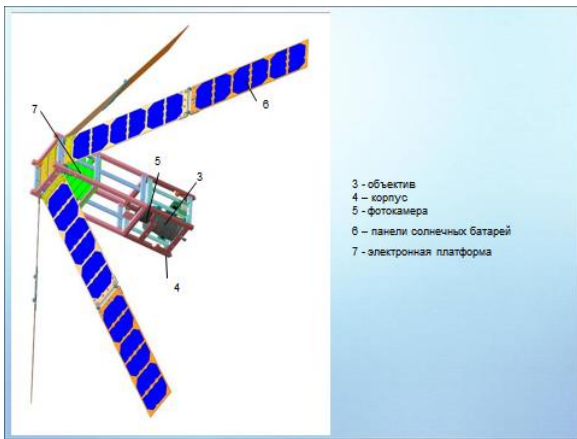


Рисунок – Розгорнуте зображення супутника PolyITAN-3-SAU



Розгорнуте зображення супутника PolyITAN-3-SAU

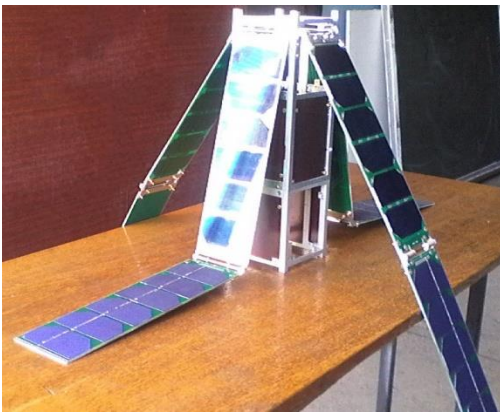


Рисунок 7 Перевірка розгортання сонячних батарей

12. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання.

Статті, що входять до науково-метричних баз даних WoS або Scopus

	Повні дані про статті, з веб-адресою електронної версії; <u>позначити прізвища авторів</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 Sha, B., Lukianov, A.N., <u>Dusheiko</u> , M.G., (...), Pritchyn, S.E., Klyui, N. 2020 Optical Materials 106,109959 https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2020OptMa.10609959S/abstract
	C-reactive protein detection based on ISFET structure with gate dielectric SiO ₂ -CeO ₂ Kutova, O., <u>Dusheiko</u> , M., Klyui, N.I., Skryshevsky, V.A. 2019 Microelectronic Engineering 215,110993 https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/33330/1/MEA2019_24-4_p13-17.pdf
	Nonstoichiometric amorphous silicon carbide films as promising antireflection and protective coatings for germanium in IR spectral range Lukianov, A.N., Klyui, N.I., Sha, B., (...), Kasatkin, V.P., Liu, B. 2019 Optical Materials 88, с. 445-450 https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925346718308139
	High transparent and conductive undoped ZnO thin films deposited by reactive ion-beam sputtering Golovynskiy, S., Ievtushenko, A., Mamykin, S., (...), Tkach, S., Qu, J. 2018 Vacuum 153, с. 204-210 https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0042207X18303798
	Особливості формування фаз NiC _x (x < 0, 33) за умов механохімічного легування сумішшю Ni-ВНТ і Ni-графіт ОІ Наконечна, НМ Білявина, КО Іваненко, АМ Курилюк, МГ <u>Душейко</u> , ... Доповіді НАН України 2020 http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/170394
	Сенсор бета-лактоглобуліну на основі ІСПТ з підзатворним діелектриком CeO ₂ ОУ Kutova, VI Tymofieiev, МН <u>Dusheiko</u> , G Brotons Мікросистеми, Електроніка та Акустика

24 (4), 13-17/2019	https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/33330/1/MEA2019_24-4_p13-17.pdf
Hydrogen Peroxide Measurements by MISFET and LET Structures with Rear Porous Silicon Layer and Metallic Nanoparticles OY Kutova, TY Obukhova, MG <u>Dusheiko</u> , BO Loboda, TI Borodinova, ... КПІ ім. Ігоря Сікорського 2018	https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/33189/1/MEA2018_23-5_p17-24.pdf
Зміна провідності структур пористий кремній з наночастинками срібла—кремній при детектуванні перекису водню ОЮ Кутова, МГ <u>Душейко</u> , БО Лобода, ТЮ Обухова	Технология и конструирование в электронной аппаратуре, 28-32 2018 http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/TKEA_2018_4_6.pdf
Сенсори на польових та фототранзисторах з металевими наночастинками та пористим кремнієм ОЮ Kutova, TY Obukhova, MH <u>Dusheiko</u> , BO Loboda, TI Borodinova, ... Мікросистеми, Електроніка та Акустика 23 (5), 17-24 2018	http://elc.kpi.ua/article/view/141665
Вплив додаткового буферного шару на чутливість сенсора СРБ на основі ІСПТ ОЮ Кутова, МГ <u>Душейко</u> , МО Семененко, ЛА Столяр, ВІ Тимофеев Вісник Вінницького політехнічного інституту. № 5: 98-104. 2018	https://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/article/view/2282
Швидкий аналіз СРБ з використанням біосенсора на основі ІСПТ ОЮ Кутова, МГ <u>Душейко</u> , КО Шкель, ВІ Тимофеев Вчені записки Таврійського національного університету імені ВІ Вернадського Серія: Технічні науки Том 29 (68) No 4 2018 Частина 2 с.176.	http://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2018/4_2018/part_2/4-2_2018.pdf
DETECTION OF THE INFLAMMATION BIOMARKER CRP USING ISFET UDK 621.391 ОЮ Kutova, MG <u>Dusheiko</u> , MO Semenenko, LA Stoliar 2018	https://www.researchgate.net/publication/326265160_DETECTION_OF_THE_INFLAMMATION_BIOMARKER_CRP_USING_ISFET
Coverage area formation for a low-orbit broadband access system with distributed satellites Ilchenko, M., Narytnik, T., <u>Rassamakin</u> , B., Prisyazhny, V., Kapshtyk, S. 2020	Telecommunications and Radio Engineering (English translation of Elektrosvyaz and Radiotekhnika) 79(3), с. 183-191 http://www.dl.begellhouse.com/journals/0632a9d54950b268,11a6fe3d105d754d,6397969a1c898a81.html
Heat transfer in the evaporation zone of aluminum grooved heat pipes Pis'mennyi, E.N., Khayrnasov, S.M., <u>Rassamakin</u> , B.M. 2018 International Journal of Heat and Mass Transfer 127, с. 80-88	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0017931018321458
Heat transfer in the evaporation zone of aluminum grooved heat pipes EN Pis' mennyi, SM Khayrnasov, BM <u>Rassamakin</u> International Journal of Heat and Mass Transfer 127, 80-88 2018	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0017931018321458
The influence of electrical energy quality to economic characteristics of isolated microgrid <u>Yamnenko</u> , Y.S., Tereshchenko, T.O., Fedin, I.S., Klepach, L.E. 2020	Technical Electrodynamics 2020(4), с. 76-79 http://techned.org.ua/eng/index.php?option=com_content&view=article&id=1475&Itemid=77
Use of artificial intelligence as a problem solution for maritime transport Jurdana, I., Krylov, A., <u>Yamnenko</u> , J. 2020	Journal of Marine Science and Engineering 8(3), 2019 https://www.researchgate.net/publication/340020174_Use_of_Artificial_Intelligence_as_a_Problem_Solution_for_Maritime_Transport
Defining pre-emergency and emergency modes of semiconductor converters Laikova, L., Tereshchenko, T., Yamnenko, Y. 2020	Advances in Intelligent Systems and Computing 1019, с. 62-70 https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/7WVGkqD9/

	Multilevel inverter topology and control signals definition based on orthogonal spectral transformations Tereshchenko, T.O., <u>Yamnenko</u> , Y.S., Kuzin, D.V., Klepach, L.E. 2018 Technical Electrodynamics 2018(4), с. 57-60 http://techned.org.ua/eng/index.php?option=com_content&view=article&id=1258&Itemid=77
	Виявлення аномальної поведінки людини у MicroGrid на базі машинного навчання ОМ Комареvych, YV Khokhlov, YS <u>Yamnenko</u> Мікросистеми, Електроніка та Акустика 23 (4), 36-41 http://elc.kpi.ua/article/view/143310
	Метод оброблення цифрового відео на базі вейвлет-перетворення в орієнтованому базисі YS <u>Yamnenko</u> , VV Levchenko, KS Niemchinova Мікросистеми, Електроніка та Акустика 23 (3), 42-48 http://elc.kpi.ua/article/view/135399
	Огляд основних топологій багаторівневих каскадних інверторів напруги ТО Tereshchenko, YS <u>Yamnenko</u> , IS Fedin Мікросистеми, Електроніка та Акустика 23 (2), 49-57 https://ela.kpi.ua/handle/123456789/33115
	Valentin Kolobrodov, Volodymyr Mykytenko, Vyacheslav <u>Sokurenko</u> , Andrzej Smolarz, Assel Mussabekova, Samat Sundetov, and Zhanar Azeshova "Substantiation of a university nanosatellite television camera parameters", Proc. SPIE 11045, Optical Fibers and Their Applications 2018, 1104512 (15 March 2019) https://spie.org/Publications/Proceedings/Paper/10.1117/12.2522404?SSO=1
	Coverage aarea formation for a low-orbit broadband access system with distributed satellites Narytnik, T., <u>Rassamakin</u> , B., Prisyazhny, V., Kapshtyk, S. 2018 2018 International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2018 - Proceeding 9047526 http://www.dl.begellhouse.com/journals/0632a9d54950b268,11a6fe3d105d754d,6397969a1c898a81.html

Дисертації

1. Рибалка Антон Олексійович УДК 539.3 "Динаміка і міцність наносупутника PolyItan-2-SAU на етапі виведення на орбіту". Дисертація кандидата технічних наук. Науковий керівник: доктор технічних наук, професор Цибенко О.С., Національний технічний університет України "КПІ ім. Ігоря Сікорського" (м. Київ), професор кафедри динаміки і міцності машин та опору матеріалів. Захист 2018р.

2. Душейко Михайло Григорович "Вдосконалення технологій виготовлення сонячних елементів і мікроелектронних сенсорів на основі кремнію та напівпровідникових оксидів" 2018р.

3. Докторська дисертація: Хайрнасова Сергія Манісовича «Науково-технологічні основи створення ресурсозберігаючих систем на основі алюмінієвих профільних теплових труб»

13. Надати ключові слова до розробки

Наносупутник, формат Cubesat, дистанційне дослідження Землі, сканер видимого діапазону космічного базування