



ДЕРЖАВНЕ КОСМІЧНЕ  
АГЕНТСТВО УКРАЇНИ



НАЦІОНАЛЬНИЙ ЦЕНТР  
АЕРОКОСМІЧНОЇ ОСВІТИ  
МОЛОДІ ім. О. М. Макарова

# XXV МІЖНАРОДНА МОЛОДІЖНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

*«Чверть століття  
на науковій орбіті»*  
Присвячується 25 річниці заходу



# ЛЮДИНА І КОСМОС

квітень  
2023



- Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара.
- Державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне» імені М.К.Янгеля.»
- Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».
- Національний аерокосмічний університет імені М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут».
- Державне підприємство «Виробниче об'єднання Південний машинобудівний завод імені О.М. Макарова».
- Інститут технічної механіки НАН України і ДКА України.
- Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».
- Ужгородський національний університет.
- Придніпровський науковий центр НАН України та МОН України.
- Міністерство освіти і науки України.
- Дніпропетровська обласна рада.
- Виконавчий комітет Дніпровської міської ради.
- Департамент освіти та науки Дніпропетровської обласної державної адміністрації.
- Дніпропетровський обласний центр науково-технічної творчості і інформаційних технологій учнівської молоді.
- Українське молодіжне аерокосмічне об'єднання «Сузір'я».
- Аерокосмічний комітет Міністерства цифрового розвитку, інновацій та аерокосмічної промисловості Республіки Казахстан.
- TOO GHALAM, Республіка Казахстан
- Institute for Q-shu Pioneers of Space, Inc, Tenjin, Chuo-ku, Fukuoka, Japan
- Laboratory of Aerospace Structures at the University of Brasilia, Brasilia, Brazil.

## **ЗБІРНИК ТЕЗ**

**XXV Міжнародна молодіжна науково-практична конференція**

# **ЛЮДИНА І КОСМОС**

12-14 квітня 2023 року

Дніпро  
2023

**XXV Міжнародна молодіжна науково-практична конференція «Людина і космос»  
Збірник тез, НЦАОМ, Дніпро, 2023**

Збірник містить тези доповідей студентів, аспірантів, молодих вчених та молодих спеціалістів, які представлені на XXV Міжнародній молодіжній науково-практичній конференції «Людина і Космос» за тематичними напрямками науки і техніки, пов'язаними з космосом, космічними технологіями, аерокосмічною технікою.

**Рецензенти:**

академік НАН України, д.т.н., професор  
д. х. н., професор  
д. т. н., професор

Пилипенко О.В.  
Оковитий С. І.  
Дронь М.М

**Головний редактор:**

д.т.н., професор

Санін А.Ф.

**Редакційна колегія:**

д. т. н., професор  
д. т. н., професор  
д. х. н., професор  
д. т. н., професор  
д. т. н., професор  
д. т. н., професор  
д. т. н., професор  
д. т. н., професор  
д. т. н., професор  
д. т. н., професор  
д. т. н., професор  
д. фіз.-мат.н., професор  
д. фіз.-мат.н., професор  
д.т.н., професор  
д.т.н., ст.дослідник  
к.т.н., доцент  
к.б.н., доцент  
к.т.н., доцент  
к.т.н., доцент  
к.т.н., доцент  
к.т.н., доцент  
к.т.н., доцент  
к.т.н., доцент  
к.т.н., доцент  
к.т.н.  
к.т.н.  
к.і.н.

Алексєєнко С.В.  
Байбуз О.Г.  
Варгалок В.Ф.  
Габринєць В.О.  
Калініна Н.С.  
Книш Л.І.  
Малайчук В.П.  
Манько Т.А.  
Мітків Ю.О.  
Перлик В.І.  
Пошивалов В.П.  
Сокол Г.І.  
Соколовський О.Й.  
Тимошенко В.І.  
Хорошилов В.С.  
Гусарова І.О.  
Бондаренко О.В.  
Горбань В.А.  
Джур О.Є.  
Кулик О.В.  
Клименко С.В.  
Мозговий Д.К.  
Хуторний В.В.  
Шевцов В.Ю.  
Мозговий Д.К.  
Міліх М.М.  
Потапов О.М.  
Федоренко І.В.

**Верстка оригінал-макета:**

фахівець НЦАОМ

Макєєв А.Ю.

Відповідальність за зміст опублікованих матеріалів несуть координатори наукових напрямків конференції

## ДОРОГІ ДРУЗИ!

Вітаю учасників і організаторів Міжнародної молодіжної науково-практичної конференції «Людина і Космос».

Наша конференція досягла свого проміжного ювілею - 25-річчя. Багато це чи ні? З огляду на вік учасників і потенціал розвитку, можна говорити про молодість. Але тематика доповідей, рівень результатів, що представляються, свідчать про досягнення пори зрілості.

Започаткована ще у минулому столітті за ініціативи видатних діячів ракетної і космічної галузі, конференція розвивається, розширюються напрямки роботи. Вона є тим місцем, де можуть обговорювати результати фундаментальних і прикладних досліджень на рівних студент з професором, інженер з керівником підприємства, пропонуються будь-які, навіть фантастичні, ідеї і проекти. Це прекрасна нагода оцінити власні досягнення, визначити проблеми і задачі у космічній діяльності, шляхи їх вирішення, набути нових знань.

Приємно, що серед координаторів секцій сьогодні багато учасників перших конференцій. Це означає, що «Людина і Космос» є трампліном для наукового і кар'єрного зростання, а напрямки, визначені нашими попередниками 25 років тому, вірні.

Бажаю нам усім плідотворної роботи у творчій і дружній атмосфері, активного обміну ідеями і думками, енергетики спілкування, успіхів!

Голова Організаційного комітету  
Конференції



Анатолій САНІН

Генеральний директор  
НЦАОМ ім. О.М. Макарова



Олексій КУЛИК

# "ЧВЕРТЬ СТОЛІТТЯ НА НАУКОВІЙ ОРБИТІ"



## *«Чверть століття на науковій орбіті» присвячується 25-річниці заходу.*

Значні події добре запам'ятовуються та назавжди залишаються в історії країни. Одна з таких подій відбулася 12 вересня 1996 року. В урочистій обстановці Президент України Леонід Данилович Кучма і патріарх вітчизняного ракетобудування Олександр Максимович Макаров, якому в цей день виповнилося 90 років, відкрили Національний центр аерокосмічної освіти молоді України. Треба зауважити, що це єдина державна організація в Україні, яка займається широкою та плідною пропагандою досліджень з космонавтики та залученням молоді до виконання завдань Загальнодержавної цільової науково-технічної програми.

У травні 1999 року важливою подією у науковому житті України стала щорічна молодіжна науково-практична конференція «Людина і Космос», статус якої згодом змінився від Всеукраїнської до Міжнародної. Ініціаторами проведення виступили Національний центр аерокосмічної освіти молоді ім. О.М. Макарова, Державне космічне агентство України (ДКАУ), Національна академія наук України (НАНУ), Міністерство освіти та науки України, підприємства й організації космічної галузі України.

Одна з основних цінностей Конференції «Людина і космос» - це здатність залучати до участі талановиту молодь, яка прагне до поглибленого вивчення космічного простору та подальшого його освоєння, бажає зробити свій внесок у розвиток ракетобудування, авіацію та космонавтику. Конференція є своєрідною платформою, де студенти, аспіранти, молоді фахівці та молоді вчені можуть представити свої дослідження, проекти та ідеї, обмінятися знаннями та досвідом, встановити контакти з колегами та провідними спеціалістами космічної галузі.

Одним із важливих аспектів конференції «Людина і космос» є її міжнародний характер. Учасники з різних країн можуть зустрітися та обговорити проблеми, пов'язані з космічними дослідженнями, що допомагає підвищити рівень взаєморозуміння та розширити межі наукових знань та технологічних можливостей.

За час проведення конференції істотно розширилася тематика науково-практичних напрямів, а також географія та кількість учасників. Більше 7500 студентів, аспірантів, молодих фахівців з України, Казахстану, Китаю та країн Євросоюзу взяли участь у роботі

конференції. І як результат - значний внесок у розвиток ракетобудування, космонавтики та авіацію, а також в різні галузі науки: біологію, фізику, хімію та новітні й перспективні технології.

На Конференції працює 21 науково-практичний напрям. Враховуючи зростаючий інтерес до освоєння Місяця з 2021 року на Конференції працює новий напрям – «Освоєння Місяця та планет», у наступному році плануємо відкрити напрям – «Проектування та конструювання безпілотних літальних апаратів».

За матеріалами Конференції видаються збірники тез доповідей. У 2020 році збірник тез доповідей зареєстровано в IndexCopernicus та внесено до бази даних ICI Journals Master List. Кращі доповіді відзначаються дипломами конференції і безоплатно публікуються в фахових виданнях «Вісник ДНУ. Серія Ракетно-космічна техніка», «Екологія і ноосферологія» та ін.

У рамках конференції «Людина і космос» проводяться презентації, круглі столи, виставки та екскурсії. Учасники мають можливість познайомитися з останніми технологічними розробками, дізнатися про найбільш актуальні наукові дослідження та поставити питання провідним спеціалістам

За чверть століття конференція «Людина і космос» дала старт багатьом гідним і потрібним ідеям, відкрила шлях для молодих учених і допомогла з вибором тем майбутніх наукових робіт, визначила задачі, які треба вирішувати, щоб Космос став ближчим і безпечнішим.

У 25-річний ювілей, Конференція продовжує свій розвиток, залучаючи нові таланти і прагнучи нових наукових відкриттів, продовжує зберігати свою цінність як місце, де молоді вчені, студенти та дослідники можуть працювати разом і робити свій внесок у науку про Космос.

***Бажаємо всім учасникам творчого натхнення, змістовних цікавих доповідей, нових наукових відкриттів!***

# **АКУСТИЧНІ ХВИЛІ, ШУМОВІ ЕФЕКТИ ТА ВІБРАЦІЯ**

**Сокол Галина Іванівна**

доктор технічних наук, професор

**Батутіна Тетяна Яківна**

начальник сектору, ДП «Конструкторське бюро «Південне» імені  
М.К. Янгеля»



*Є.О. Загrevський, аспірант, Г.І. Сокол, д.т.н., професор  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
[egorzagrevskiy@gmail.com](mailto:egorzagrevskiy@gmail.com), [gsokol@ukr.net](mailto:gsokol@ukr.net)*

## **РОЗПОВСЮДЖЕННЯ АКУСТИЧНИХ ХВИЛЬ У РУПОРІ З УРАХУВАННЯМ НЕЛІНІЙНОСТІ ПРОЦЕСУ**

При поширенні хвиль великої або кінцевої амплітуди в рупорі на деякій відстані від горла починають позначатися нелінійні ефекти.

Метою роботи стала розробка науково-технічних основ генерування низькочастотних звукових та інфразвукових хвиль у разі, якщо акустичне поле в середовищі в рупорі генерується при реалізації в горлі рупора хвилі великої або кінцевої амплітуди.

Дослідження проводилися для рупорів: конічної, експоненційної та катеноїдальної форм. Виведено вирази, що визначають коефіцієнти нелінійного спотворення для рупорів трьох форм, що дозволило визначити, наскільки більші нелінійні процеси виявляються в рупорі катеноїдальної форми, ніж у рупорах експоненційної та конічної форм.

На основі проведеного теоретичного аналізу появи та розповсюдження вздовж рупору нелінійного ефекту у вигляді другої гармоніки запропоновано новий спосіб гасіння гармонік та принципові схеми звукогенераторів із застосуванням гасників другої гармоніки у вигляді резонаторних відростків.

Для моделювання математично фізичного процесу наростання та зменшення другої гармоніки при її поширенні вздовж рупора від горла до гирла отримані рівняння, що описують швидкість поширення другої гармоніки та амплітуду звукового тиску в ній у рупорах катеноїдальної та конічної форм і знайдені їх точні рішення.

Отримано аналітичні вирази, що дозволяють визначити координату поперечного перерізу рупорів конічної, експоненційної та катеноїдальної форм, де друга гармоніка звукового тиску досягає свого максимуму. Запропоновано метод визначення при довільному законі зміни площі перерізу рупору.

### **Список використаних джерел**

1. Наугольных К.А., Островский Л.А. Нелинейные волновые процессы в акустике. М.: Наука, 1990. - 237 с.
2. William C. Treurniet, Darcy R. Roucher. A masking level difference due to harmonicity. – J. Acoust. Soc. Amer. - 2001. - 109(1), Jarnuly– P. 306-320.
3. Сокол Г.И. О нелинейных эффектах, возникающих при распространении звука в рупорах. – Днепропетровск: ВИНТИ, Деп. № 4793-В91 от 25.12.1991. - 14с.

## УКД 681.6

*Д. В. Максимова, студентка., Г. І. Сокол, д.т.н., проф., В.С. Дудніков, к.т.н., доцент  
Дніпровський Національний Університет імені Олеся Гончара  
[darina2304maksymova@icloud.com](mailto:darina2304maksymova@icloud.com)*

### **ВИМІРЮВАННЯ ШУМІВ ПІД ЧАС РОБОТИ ОПЕРАТОРА НА 3Д ПРИНТЕРІ**

Одним з найбільш яскравих прикладів розвитку нових технологій, безумовно, є розробка людством 3Д технологій. Використання технологій 3Д друку активно використовується у буденності та промисловості. Легкість освоєння та використання технології сприяють до збільшення кількості та якості виробів 3Д друку. За доступністю матеріалів та багатofункціональністю технологія 3Д має велике та функціональне значення для людини. 3Д-принтер – це пристрій, що використовує метод пошарового створення фізичного об'єкта за цифровою 3D-моделлю.

На сьогодні є два напрямки розвитку цієї технології, а саме науковий ( медицина, харчова галузь), та інженерний (робототехніка, космічні ракети, тощо).

В даний час 3Д друк використовується не тільки в науковому середовищі, а й в повсякденній сфері. Історія 3Д друкування починає свій шлях з 1980х років та розвивається по сьогоднішній день. У 1990-х роках технологія 3-Д друку набуває популярності. З'являється багато нових компаній, які починають виробляти 3-Д принтери. За рахунок конкуренції, яка з'явилась на цьому ринку, якість та продуктивність адаптивного виробництва нової технології виходить на новий рівень. З початком 2000-х років починається бум в медіа у сфері технології 3Д друку, на ряду з притримом уваги до технології друку починається етап розробки 3Д у медицині.

У 2004 році почалася нова історія у виробництві 3Д принтерів, розпочався проєкт під назвою «RepRap Project», на меті якого було з виготовити 3-Д принтер нового типу. Завдяки цьому проєкту з відкритим вихідним кодом почалося поширення принтерів, які можливо виготовити, не долучаючись до промислових потужностей, кожна людина після цього проєкту могла виготовити вдома кастомний 3-Д друкарський станок.

З середини 2010-х років технологію 3Д друкування почали використовувати в будівництві. Для людей ця унікальна технологія стає на поміч для швидкого зведення будинків з цементу. У 2018 році вперше люди почали жити у «Надрукованому» власному будинку.

Тому є реальна можливість використання 3д друку у робототехніці.

У роботі проведено аналітичний огляд сучасних 3Д технологій друку, що дозволило вибрати 3Д принтер для проведення конструювання та виробництва деталей робота. Оглянуто характеристики обраного принтеру та його обладнання.

Результатом виконання роботи стала печать деталей робота на 3д принтері.

В процесі друку деталей проведені вимірювання рівнів шумів. Вони проводилися шумоміром, встановленому в мобільному телефоні. Шуми вимірювалися на відстані 1,5 метри від 3Д принтера. Рівень склав 45 дБ.

*Д. В. Михальов, студент, Г. І. Сокол, д.т.н., професор  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
[mikhalev0.0denis@gmail.com](mailto:mikhalev0.0denis@gmail.com), [gsokol@ukr.net](mailto:gsokol@ukr.net)*

## **РОЗРАХУНОК ХАРАКТЕРИСТИК АКУСТИЧНОГО ПОЛЯ ГВИНТА ВІТРОУСТАНОВКИ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ БЕЗПЕЧНОЇ ВІДСТАНІ ВІД ДЖЕРЕЛА АКУСТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ**

Енергетика на основі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) є однією з найперспективніших галузей європейської та світової енергетики. Використання ВДЕ не супроводжується емісією CO<sub>2</sub>, що дозволить глобально знизити масштаби викидів цього газу. Таким чином, використання ВДЕ не приносить додаткового енерговнесення до теплового балансу планети. Однак, при розробці вітроенергетичних установок (ВЕУ), має вирішуватися проблема забезпечення низьких рівнів інтенсивності шумів та забезпечення захисту навколишнього середовища від шумового забруднення.

Загальний шум вітроенергетичної установки ВЕП – 250С визначається випромінюванням звуку її окремих вузлів. Один з вузлів, що випромінює найбільшу акустичну енергію у навколишню середу, є трилопатеве вітроколесо, що є до того ж типовим випромінювачем інфразвуку. Тому воно вважається основним джерелом шуму.

Акустичне поле виникає при періодичному впливі обертових лопатей ротора ВЕП на навколишнє середовище. Для опису характеристик такого звукового поля ротора вітроустановки застосовуємо теорію Л.Я. Гугіна, що описує звукове поле повітряного гвинта.

У роботі розроблена методика та проведені розрахунки характеристик акустичного поля гвинта для перших гармонік трилопатевого вітроколеса ВЕП - 250С з використанням програми MathCAD та на основі розробленої методики дано рекомендації щодо зниження шуму вітроколеса. Запропонована оптимальна відстань від джерела акустичного випромінювання для даного трилопатевого вітроколеса ВЕП – 250С, на якій можна безпечно використовувати вітроустановки.

*Т.С. Молнар, аспірант, Г.І. Сокол, д.т.н., професор  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[gsokol@ukr.net](mailto:gsokol@ukr.net), [tarmolnar@gmail.com](mailto:tarmolnar@gmail.com)*

## **ВИКОРИСТАННЯ РІВНЯННЯ ДИНАМІКИ КОЛИВАЛЬНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОПИСУ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТІЛ ВІРУСУ**

Віруси є невеликими мікроорганізмами, які можуть викликати різні захворювання у людей, тварин та рослин. Вони мають дуже складну структуру, яка може розглядатися як коливальна система. Використання рівняння динаміки коливальних систем дозволяє описати механічні характеристики вірусного тіла, такі як рух, взаємодія з довкіллям та зміна стану.

Рівняння динаміки коливальних систем є математичним інструментом, що дозволяє описати рух тіл, що чинять коливання. Це можуть бути механічні системи, що складаються з мас та пружин, а також електричні системи, що містять конденсатори та котушки індуктивності. Рівняння динаміки коливальних систем дозволяє описати зміну стану системи щодо часу, що залежить від вихідних умов.

Вірус можна розглядати як коливальну систему, яка здійснює коливання на молекулярному рівні. Його структура складається з окремих мас які з'єднанні між собою зв'язками, містить присоски, оболонку, які можуть коливатися по відношенню до своїх вихідних положень. Рівняння динаміки коливальних систем дозволяє описати рух тіла вірусу з огляду на зміну його стану щодо часу.

Переваги вибору рівняння динаміки коливальних систем:

1. Рівняння динаміки коливальної системи можна застосувати для опису механічних характеристик тіла вірусу.
2. Вірус може бути розглянутий як коливальна система, що здійснює коливання на молекулярному рівні.
3. Рівняння динаміки коливальних систем дозволяє описати зміну стану вірусу при його русі та взаємодії з навколишнім середовищем.
4. Застосування рівняння динаміки коливальних систем для опису механічних характеристик вірусу може допомогти у розумінні процесів інфекції та розвитку захворювань.
5. Використання рівняння динаміки коливальних систем є корисним інструментом для моделювання руху вірусів та взаємодії з клітинами тіла.

В роботі розроблена примітивна 3д модель та проведені попередні розрахунки основних механічних характеристик тіла вірусу: маси, об'єму тіла, резонансної частоти, що буде згубною для тіла вірусу. Для цього була використана програма Ansys.

*Д.О. Снобко, магістр, Г.І. Сокол, д.т.н., професор  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
[gsokol@ukr.net](mailto:gsokol@ukr.net), [landidsn@gmail.com](mailto:landidsn@gmail.com)*

## **РОЗРАХУНОК МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТІЛ КОСМОНАВТІВ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ АНАЛОГІЙ**

Зі стрімким розвитком технологій гостро постала проблема захисту навколишнього середовища, яка пов'язана з вивченням та усуненням ряду факторів, що негативно впливають на організм людини. До них відноситься вплив інфразвуку (ІЧ), інфразвукового (ІЧ) шуму та низькочастотної (НЧ) вібрації. У літературі вже наводилися відомості про шкідливий вплив ІЧ на промислових і транспортних об'єктах, у науково-дослідних лабораторіях, при випробуваннях авіаційних і ракетних двигунів.

При виведенні космічного корабля з космонавтами на навколоземну орбіту ракета-носії (РН) зазнає значних вібраційних навантажень. Тому важливо знати власні частоти тіла космонавта, щоб знати які частоти потрібно уникати.

Проведено моделювання тіла космонавта як багатомасової системи, маси в якій з'єднані пружними зв'язками з демпфувальними елементами за методом електромеханічних аналогій.

Розрахункова схема досліджуваної коливальної системи зображена у вигляді дискретних мас, з'єднаних між собою пружними зв'язками. Для визначення резонансних частот живих організмів складено модель, що імітує тіло космонавта. Вона складається із зосереджених мас, з'єднаних між собою пружними зв'язками.

При вирішенні задачі розрахунку частоти коливальної системи її замінюють еквівалентною. Необхідно визначити приведену масу і жорсткість механічної системи, яка є аналогом людського тіла. На основі знання цих величин визначається резонансна частота тіла.

Відомо, що приведена жорсткість еквівалентної механічної системи з послідовним з'єднанням елементів дорівнює

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n},$$

У разі паралельного з'єднання елементів системи приведена жорсткість дорівнює сумі жорсткостей в окремих перерізах і визначається з виразу

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n.$$

У разі зміщеного з'єднання елементів при розрахунку жорсткості системи слід керуватися правилами послідовного і паралельного з'єднання. Резонансна частота окремого органу або всього тіла космонавта знаходиться з виразу [31]

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C}{m}},$$

У результаті розрахунку важливо отримати результати такі, щоб власні резонансні частоти тіла космонавта і його окремих органів не збіглися з частотами, яких зазнає конструкція РКП на відрізу активної ділянки виведення і які реєструють телеметричні датчики.

*В.С.Федоріна, студентка, Г. І. Сокол, д.т.н., професор  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
[toriatheo@gmail.com](mailto:toriatheo@gmail.com), [gsokol@ukr.net](mailto:gsokol@ukr.net)*

## ІНФРАЗВУК У ПРИРОДІ

Звук, який лежить за межами нашого слуху, відомий як інфразвук. Найновіші дослідження показують, що інфразвук має важливе значення у природі. Тому я приготувала тези про це явище:

Інфразвук використовується тваринами для спілкування: деякі тварини, такі як слони, кити та крокодили, використовують інфразвук для спілкування. Цей звук може допомогти їм передати інформацію на великі відстані та навіть під водою.

Інфразвук викликає рухи у рослинах: науковці виявили, що інфразвук може викликати рухи у рослинах, навіть якщо вони не мають прямого контакту зі звуком. Це може бути корисним для розповсюдження пилку та насіння.

Інфразвук може впливати на погоду: деякі дослідження показують, що інфразвук може впливати на атмосферний тиск та викликати погіршення погодних умов. Це може бути пов'язано зі змінами у повітряному потоці.

Інфразвук може викликати вібрації в будівлях: деякі дослідження показують, що інфразвук може викликати вібрації в будівлях та інших структурах. Це може бути шкідливим для будівель та спричиняти їх руйнування.

Інфразвук може бути використаний для медичних цілей: деякі дослідження показують, що інфразвук може бути використаний для лікування різних захворювань, таких як біль та запалення.

Інфразвук може викликати рухи у воді: деякі дослідження показали, що інфразвук може викликати рухи у воді, навіть якщо звук не доходить до дна. Це може бути корисним для риб та інших водних тварин, які мають залежність від звуку.

Інфразвук може викликати рухи у ґрунті: деякі дослідження показали, що інфразвук може викликати рухи у ґрунті, навіть якщо звук не доходить до поверхні. Це може бути корисним для тварин, які живуть під землею, таких як миші та кроти.

Інфразвук може викликати зміни у середовищі: деякі дослідження показали, що інфразвук може викликати зміни у середовищі, таких як зміна складу ґрунту та води. Це може впливати на життя рослин та тварин.

## Список використаних джерел

1. *Звуковий ландшафт в природних і сільськогосподарських екосистемах* // Д. Джонстон, Д. Кох, М. Сульфінті, Р. Шенк
2. <http://www.pnas.org/content/102/3/735.full>
3. *Інфразвук у природі* // М. Гарп, П. Семмс
4. <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/infrasound-in-nature-1-66254712/>
5. *Звукова екологія* // Е. Стонджер
6. <https://www.sciencedirect.com/book/9780123706027/sound-ecology-theory-and-practice>

# ГРАВІТАЦІЯ І ФУНДАМЕНТАЛЬНА ФІЗИКА

**Соколовський Олександр Йосипович**  
доктор фізико-математичних наук, професор

V.N. Gorev, Ph.D<sup>1</sup>, A.I. Sokolovsky, D. Sci., Professor<sup>2</sup>, M.O. Zhuravlyov<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> Dnipro University of Technology  
<sup>2</sup> Oles Honchar Dnipro National University  
[lordjainor@gmail.com](mailto:lordjainor@gmail.com)

## ON THE INTEGRAL BRACKETS IN A ONE-COMPONENT SYSTEM

The algorithm of the integral brackets calculation for a one-component system with weak interaction is proposed. Запропоновано алгоритм обчислення інтегральних дужок для однокомпонентної системи зі слабкою взаємодією.

Keywords: integral brackets (інтегральні дужки), one-component system (однокомпонентна система), Sonine polynomials (поліноми Соніна), weak interaction (слабка взаємодія).

The paper is devoted to the calculation of the integral brackets for a one-component system with weak interaction described by the Landau kinetic equation [1, 2]. The corresponding brackets are as follows:

$$\{g, h\} = C \int d^3 p d^3 p' \exp(-\beta \varepsilon_p - \beta \varepsilon_{p'}) D_{nk, pp'} \left\{ \frac{\partial g(\vec{p})}{\partial p_n} - \frac{\partial g(\vec{p}')}{\partial p'_n} \right\} \left\{ \frac{\partial h(\vec{p})}{\partial p_k} - \frac{\partial h(\vec{p}')}{\partial p'_k} \right\},$$

$$\beta \varepsilon_p = \frac{p^2}{2mT}, \quad D_{nk, pp'} = \frac{|\vec{p} - \vec{p}'|^2 \delta_{nk} - (p - p')_n (p - p')_k}{|\vec{p} - \vec{p}'|^3}, \quad (1)$$

$C$  is a constant. The following brackets which are necessary, for example, for thermal conductivity calculation [3] are considered:

$$G_{js} = \left\{ p_l S_j^{3/2}(\beta \varepsilon_p), p_l S_s^{3/2}(\beta \varepsilon_p) \right\}, \quad S_n^\alpha(x) = \frac{1}{n!} e^x x^{-\alpha} \frac{d^n}{dx^n} (e^{-x} x^{\alpha+n}), \quad (2)$$

where  $S_n^\alpha(x)$  are the Sonine polynomials.

On the basis of the following substitution

$$\vec{p} = \sqrt{mT} \vec{q}, \quad \vec{p}' = \sqrt{mT} \vec{q}' \quad (3)$$

the integral brackets under consideration may be rewritten as

$$G_{js} = C (mT)^{5/2} \int d^3 q d^3 q' \exp\left(-\frac{q^2 + q'^2}{2}\right) D_{nk, qq'} B_{nl, qq'}^{(j)} B_{kl, qq'}^{(s)},$$

$$B_{nl, qq'}^{(j)} = \frac{\partial q_l S_j^{3/2}(q^2/2)}{\partial q_n} - \frac{\partial q'_l S_j^{3/2}(q'^2/2)}{\partial q'_n} =$$

$$= \delta_{nl} \left( S_j^{3/2}(q^2/2) - S_j^{3/2}(q'^2/2) \right) + q_l q_n \frac{\partial S_j^{3/2}(q^2/2)}{\partial (q^2/2)} - q'_l q'_n \frac{\partial S_j^{3/2}(q'^2/2)}{\partial (q'^2/2)}.$$

Then the following substitution should be made:

$$\vec{x} = \vec{q} + \vec{q}', \quad \vec{y} = \vec{q} - \vec{q}', \quad \vec{x} = (x \sin \theta_x \cos \varphi_x, x \sin \theta_x \sin \varphi_x, x \cos \theta_x),$$

$$\vec{y} = (y \sin \theta_y \cos \varphi_y, y \sin \theta_y \sin \varphi_y, y \cos \theta_y). \quad (5)$$

Substitution (5) with account for the expressions

$$q^2 = \frac{x^2 + 2xy\Omega + y^2}{4}, \quad q'^2 = \frac{x^2 - 2xy\Omega + y^2}{4}, \quad (q, q') = \frac{x^2 - y^2}{4}, \quad (6)$$



$$\Omega = \sin \theta_x \cos \varphi_x \sin \theta_y \cos \varphi_y + \sin \theta_x \sin \varphi_x \sin \theta_y \sin \varphi_y + \cos \theta_x \cos \theta_y,$$

$$\int_0^\pi d\theta_x \int_0^\pi d\theta_y \int_0^{2\pi} d\varphi_x \int_0^{2\pi} d\varphi_y \sin \theta_x \sin \theta_y \Omega^n = \begin{cases} 16\pi^2/(n+1), 0, 2, 4, \dots \\ 0, n = 1, 3, 5, \dots \end{cases}$$

allows one to obtain  $G_{j_s}$  in the form

$$G_{j_s} = \frac{C(mT)^{5/2}}{8} J_{j_s}, \quad J_{j_s} = 16\pi^2 \int_0^\infty dx \int_0^\infty dy \int_0^1 d\Omega \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{4}\right) x^2 y^2 f_{j_s},$$

$$f_{j_s} = \frac{2(S_j - S'_j)(S_s - S'_s)}{y} + \frac{x^2 - x^2\Omega^2}{4y} \left( (S_j - S'_j)(R_s - R'_s) + (R_j - R'_j)(S_s - S'_s) + \frac{x^2 + 2xy\Omega + y^2}{4} R_j R_s + \frac{x^2 - 2xy\Omega + y^2}{4} R'_j R'_s - \frac{x^2 - y^2}{4} (R_j R'_s + R'_j R_s) \right), \quad (7)$$

$$S_j = S_j^{3/2} \left( \frac{x^2 + 2xy\Omega + y^2}{8} \right), \quad S'_j = S_j'^{3/2} \left( \frac{x^2 - 2xy\Omega + y^2}{8} \right),$$

$$R_j = \frac{dS_j^{3/2}(z)}{dz} \Big|_{z=\frac{x^2+2xy\Omega+y^2}{8}}, \quad R'_j = \frac{dS_j'^{3/2}(z)}{dz} \Big|_{z=\frac{x^2-2xy\Omega+y^2}{8}}.$$

The explicit calculation of (7) is made in the Wolfram Mathematica package. It may be shown that  $x^2 y^2 f_{j_s}$  is a sum of some terms which have the form  $ax^b y^c \Omega^d$  where  $a$  is a constant,  $b$  is an even integer not less than 2,  $c$  is an odd integer not less than 1 and  $d$  is an even integer not less than 0. In [3] only the brackets up to  $G_{22}$  are calculated analytically. In this paper the bracket calculation in general case is proposed. For example, integral bracket matrix up to  $G_{55}$  is as follows:

$$G = \frac{1}{8} C(mT)^{5/2} \cdot \begin{pmatrix} \emptyset & \emptyset & \emptyset & \emptyset & \emptyset \\ \emptyset & 512 \pi^{5/2} & 384 \pi^{5/2} & 240 \pi^{5/2} & 140 \pi^{5/2} & \frac{315 \pi^{5/2}}{4} \\ \emptyset & 384 \pi^{5/2} & 1440 \pi^{5/2} & 1236 \pi^{5/2} & 885 \pi^{5/2} & \frac{9345 \pi^{5/2}}{16} \\ \emptyset & 240 \pi^{5/2} & 1236 \pi^{5/2} & \frac{5657 \pi^{5/2}}{2} & \frac{20349 \pi^{5/2}}{8} & \frac{249285 \pi^{5/2}}{128} \\ \emptyset & 140 \pi^{5/2} & 885 \pi^{5/2} & \frac{20349 \pi^{5/2}}{8} & \frac{149749 \pi^{5/2}}{32} & \frac{2204625 \pi^{5/2}}{512} \\ \emptyset & \frac{315 \pi^{5/2}}{4} & \frac{9345 \pi^{5/2}}{16} & \frac{249285 \pi^{5/2}}{128} & \frac{2204625 \pi^{5/2}}{512} & \frac{57292281 \pi^{5/2}}{8192} \end{pmatrix}, \quad (8)$$

the results up to  $G_{22}$  coincide with [3].

### List of references

1. A. V. Bobylev and I. F. Potapenko, Journal of Statistical Physics 175, 1–18 (2019).
2. V.P. Silin, Introduction to kinetic theory of gases, URSS, 344p (2019).
3. V. N. Gorev and A. I. Sokolovsky, International Journal of Modern Physics B, 29(32), 1550233 (2015).

*О.О. Верес, студент, С.Ф. Лягушин, к.ф.-м.н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[iskin@tuta.io](mailto:iskin@tuta.io)*

## НАДВИПРОМІНЮВАННЯ В ТЕРМІНАХ ТЕОРІЇ ФАЗОВИХ ПЕРЕХОДІВ

Представлено порівняння фізичної ситуації, що виникає в системі дворівневих випромінювачів, з описом фаз параметром порядку в теорії Ландау.

The comparison of the physical situation emerging in a system of two-level emitters with the Landau's description of phases with an order parameter is presented.

Ключові слова: випромінювач, квазіспін, надвипромінювальний імпульс.

Key words: emitter, quasispin, superradiation pulse.

Надвипромінювання Дікке – когерентне спонтанне випромінювання сукупності великої кількості дворівневих випромінювачів. Спочатку вивчались рівноважні властивості моделі Дікке в порожнині [1], де за досить сильної взаємодії з полем реалізується впорядкований стан із одночасним макроскопічним заповненням резонансної моди електромагнітного поля. Теорія цього явища пов'язувалась із аналізом моделі Джейнса–Каммінгса [2], де виявлялася суто квантова природа відродження атомної інверсії. Для одномодової моделі Дікке методом апроксимуючих гамільтоніанів було встановлено термодинамічну еквівалентність гамільтоніана, що містив добуток операторів  $R^+R^-$ , й гамільтоніана з взаємодією  $R^+a + R^-a^+$ , де  $R^+$ ,  $R^-$  – колективні оператори підсистеми випромінювачів, базовані на матрицях Паулі:

$$R^\pm = \frac{1}{2} \sum_n (\sigma_{xn} \pm i\sigma_{yn}),$$

$a$ ,  $a^+$  – бозонні оператори електромагнітного поля [3].

У теорії фазових переходів II-го роду Ландау критерієм наявності переходу є відмінність від 0 певної величини, що характеризує впорядкованість атомів – параметра порядку, причому стан із таким його значенням виявляється енергетично вигідним. У моделі Дікке роль параметра порядку відіграють  $\langle R^\pm \rangle$ . Фізично більш актуальним є вивчення поведінки відкритої моделі Дікке. У ній впорядкованість випромінювачів виникає в нерівноважному процесі переходу до незбудженого стану. Хвилі посилюються в середовищі випромінювачів, які утворюють макроскопічний диполь. Відстежується поведінка середнього  $\langle R_3 \rangle$ , що набуває нульового значення в момент піку потужності випромінювання.

### Список використаних джерел

1. Hepp K, Lieb E. Equilibrium Statistical Mechanics of Matter Interacting with the Quantized Radiation Field // Phys. Rev. – 1973. – Vol. A8. – P. 2517-2525.
2. Jaynes E., Cummings F. Comparison of quantum and semiclassical radiation theories with application to the beam maser // [Proc. IEEE](#). – 1963. – Vol. 51. – P. 89-109.
3. Боголюбов Н.Н. (мл.), Шумовский А.С. Сверхизлучение. – Дубна: ОИЯИ, 1987. – 88 с.

К.М. Гапоненко, аспірант, О.Й. Соколовський, д.ф.-м.н., професор  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[kgaponenko@i.ua](mailto:kgaponenko@i.ua)

## УЗАГАЛЬНЕННЯ ФОРМУЛИ БОЛЬЦМАНА В ТЕОРІЇ РІВНОВАЖНИХ ФЛУКТУАЦІЙ

Анотація: Узагальнена формула Больцмана виводиться на основі точного виразу для розподілу рівноважних флуктуацій і формули Ландау–Леонтовича для перівноважної вільної енергії. Generalized Boltzmann formula is derived on the exact expression for the distribution of equilibrium fluctuations and the Landau–Leontovich formula for the nonequilibrium free energy.

Ключові слова: рівноважні флуктуації, нерівноважна вільна енергія; equilibrium fluctuations, non-equilibrium free energy.

Дослідження рівноважних флуктуацій стало важливою задачею сучасної статистичної фізики після досліджень Онсагера, який сформулював плідну ідею про рівноважні флуктуації як важливий клас нерівноважних станів. Основним інструментом таких досліджень є формула Больцмана для функції розподілу  $w(\eta)$  значень деяких параметрів  $\eta \equiv \{\eta_a\}$  ( $a$  нумерує параметри). Перелік таких параметрів визначається потребами теорії. Наприклад, в теорії фазових переходів II роду – це параметри порядку. При цьому фактично немає значення, за яких макроскопічних умов вивчається ситуація. На наш погляд, зручніше розглядати  $TVN$ -стани, використовуючи канонічний розподіл Гіббса  $w$  і звичайне означення функції  $w(\eta)$

$$w = e^{-\frac{F-\hat{H}}{T}}, \quad \text{Sp} w = 1; \quad w(\eta) = \text{Sp} w \delta(\eta - \hat{\eta}), \quad \delta(\eta - \hat{\eta}) \equiv \prod_a \delta(\eta_a - \hat{\eta}_a). \quad (1)$$

В цих формулах капелюшок позначає мікроскопічні значення відповідних фізичних величин, а  $\text{Sp}$  – операцію інтегрування за фазовими змінними, яка використовується при обчисленнях з канонічним розподілом. Формула Больцмана для функції розподілу  $w(\eta)$  має вигляд [1]

$$w(\eta) = A e^{-\frac{F_L(\eta)}{T}} \quad (2)$$

де  $A$  – нормувальний множник,  $F_L(\eta)$  – вільна енергія нерівноважних станів системи, які виникають при рівноважних флуктуаціях. В нашій роботі [2] функція  $F_L(\eta)$  досліджена на основі означення Ландау–Леонтовича. Відповідно цьому означенню  $F_L(\eta)$  дається рівноважною вільною енергією системи  $F(h)$  за наявності зовнішнього поля  $h_a$ , включеного в функцію Гамільтона системи  $\hat{H}$  доданком  $\sum_a h_a \hat{\eta}_a$ , після перетворення Лежандра

$$F_L(\eta) = F(h(\eta)) - \sum_a h_a(\eta) \eta_a,$$

$$F(h) = F + \sum_a h_a \eta_{a0} - T \mathbf{G}(h), \quad \mathbf{G}(h) \equiv \sum_{s=2}^{\infty} \frac{(-1)^s}{s! T^s} \sum_{a_1 \dots a_s} h_{a_1} \dots h_{a_s} \langle \hat{\eta}_{a_1} \dots \hat{\eta}_{a_s} \rangle. \quad (3)$$

Тут  $\eta_{a0}$ ,  $\langle \hat{\eta}_{a_1} \dots \hat{\eta}_{a_s} \rangle$  – середні значення параметрів  $\eta_a$  і їх кореляційні функції за відсутності зовнішнього поля,  $h_a(\eta)$  – функції, обернені до функцій  $\eta_a(h)$ , які є середніми значеннями параметрів  $\eta_a$  за наявності поля  $h_a$ . В нашій роботі [3] для функції розподілу  $w(\eta)$  отримано точний вираз

$$w(\eta) = \frac{1}{(2\pi)^s} \int du e^{\mathbf{G}(iuT)} e^{i \sum_a u_a (\eta_a - \eta_{a0})} \quad (4)$$

( $s$  – розмірність простору параметрів  $\eta_a$ ). Формули (4) дозволяють представити цю функцію у формі, що містить вільну енергію нерівноважних станів системи  $F_L(\eta)$

$$w(\eta) = \frac{1}{(2\pi)^s} \int du e^{\frac{F - F_L(\eta(iuT))}{T}} e^{i \sum_a u_a [\eta_a - \eta_a(iuT)]} \equiv \int d\tilde{\eta} K(\eta, \tilde{\eta}) e^{-\frac{F_L(\tilde{\eta})}{T}} \quad (5)$$

Ця формула переходить в вираз Больцмана (2) за умови, що ядро  $K(\eta, \tilde{\eta}) \sim \delta(\eta - \tilde{\eta})$ , але підстави для цього відсутні. Отриманий результат критично залежить від означення вільної енергії нерівноважних станів системи  $F_L(\eta)$ , оскільки наша формула (4) для розподілу  $w(\eta)$  точна.

### Список використаних джерел

1. L.D. Landau, E.M. Lifshitz, Statistical Physics. Part 1. – Oxford: Pergamon Press, 1980. – 544 p.
2. К.М. Напоненко, А.І. Sokolovsky, Non-equilibrium Gibbs thermodynamic potential of a magnetic system // Visnik Dnipropetrovs'kogo universitetu. Seriâ Fizika, radioelektronika. – 2016. – Vol.24, Issue 23. – P. 45–52.
3. Напоненко К.М., Sokolovsky А.І. Landau effective Hamiltonian and its application to magnetic systems // Journal of Physics and Electronics. – 2018. – Vol. 26, Issue 1. – P. 19–28.

*М.С. Дмитрієв, аспірант, В.В.Скалозуб, д.ф.-м.н., професор  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[dmytrijev\\_m@ffeks.dnu.edu.ua](mailto:dmytrijev_m@ffeks.dnu.edu.ua)*

## OBSERVABLE EFFECTS OF HEAVY DECOUPLED SCALAR BOSONS WITHIN THE GENERALIZED YUKAWA'S MODEL

Анотація: На прикладі узагальненої моделі Юкави із одним важким скалярним полем нами отримано обмеження на значення параметрів моделі та енергії частинок, при виконанні яких динаміка частинок може бути описана ефективним низькоенергетичним лагранжіаном моделі.

We have derived the ranges of model parameters and energies where the low-energy effective Lagrangian of the generalized Yukawa's model with one decoupled scalar field is valid.

Ключові слова: ефективна теорія поля, ефективний низькоенергетичний лагранжіан, модель Юкави.

Effective field theory, low-energy effective Lagrangian, Yukawa's model

Nowadays, there exist numerous experimental evidences that the Standard model (SM) of particle physics is incomplete. Instead, the SM might be a low-energy effective field theory (EFT), and some extended model is valid at high energies. Various such models have been proposed so far. Many of them introduce heavy extra particles, which decouple at the energies involved in modern collider experiments. Hence, contributions of these decoupled states to the experimental observables could be parametrized with effective low-energy interaction vertexes of the SM fields. These vertexes are introduced within the low-energy effective Lagrangian (EL) of the corresponding extended model. In our research we investigate the ranges of model parameters and energies where such description is valid.

We consider the generalized Yukawa's model, since it has all features essential for our analysis and it is simple. This model consists of two fermion fields  $\psi_1$  and  $\psi_2$  and scalar fields  $\phi$  and  $\chi$ . We put  $\chi$  to be much heavier than the other particles of the model, so it decouples. The low-energy EL of this model reads:

$$L_{eff} = \frac{1}{2} (\partial_\mu \phi)^2 - \frac{1}{2} \mu^2 \phi^2 - \lambda \phi^4 + \sum_{a=1;2} \bar{\psi}_a (i \hat{\partial} - m_a - g_\phi \phi) \psi_a + \frac{1}{2\Lambda^2} J_\chi^2,$$

$$J_\chi = g_\chi \sum_{a=1;2} \bar{\psi}_a \psi_a.$$

We identify ranges of values of the model parameters and energies where dynamics of light particles could be described by this EL as well as by the complete model. We investigate contributions of loop diagrams within this EL, and compare them to the contributions of the four-fermion effective vertexes.

### Список використаних джерел

1. M.S. Dmytriiev, V.V. Skalozub, Volume 29 No 2 (2021) 8-20, Journal of physics and electronics, arXiv:[2206.07770v2](https://arxiv.org/abs/2206.07770v2)
2. The CMS Collaboration, arXiv:2208.12837v1
3. A. Dobado et al., DOI 10.1007/978-3-642-59191-4

*В.Ю. Лик, студентка,*

*М.І. Карбованець, к. ф.-м. н., доцент, завідувач кафедри теоретичної фізики,*

*М.Я. Євич, старший викладач*

*ДВНЗ «Ужгородський національний університет»*

[myroslav.karbovanets@uzhnu.edu.ua](mailto:myroslav.karbovanets@uzhnu.edu.ua)

## РОЛЬ ЕЛЕКТРОННИХ КОРЕЛЯЦІЙ У ДИНАМІЦІ ДВОЕЛЕКТРОННОГО ЗАХОПЛЕННЯ ПРИ ПОВІЛЬНИХ ЗІТКНЕННЯХ $He + Ar^{6+}$

У межах асимптотичної теорії обчислено перерізи двоелектронної перезарядки  $He + Ar^{6+}$ . Враховано канали прямого і постадійного захоплення двох електронів.

Ключові слова: іон-атомні зіткнення, двоелектронне захоплення, електронні кореляції.

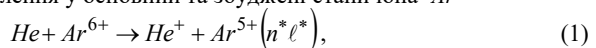
Within the framework of asymptotic theory the cross sections of two-electron exchange  $He + Ar^{6+}$  were calculated. Channels of direct and two-step capture of two electrons are taken into account.

Keywords: ion-atom collisions, two-electron capture, electron correlations.

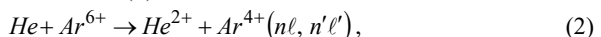
Процес двоелектронного захоплення при повільних зіткненнях багатозарядного іона з атомом чи молекулою може здійснюватися кількома способами [1-4]: (i) у результаті двох послідовних незалежних одноелектронних переходів в одному акті зіткнення; (ii) шляхом одночасного переходу двох електронів від атома (молекули) до іона в околі точки квазіперетину двоелектронних термів початкового та кінцевого квазімолекулярних станів; (iii) внаслідок постадійного обміну двома електронами через проміжні квазімолекулярні стани. У випадку реалізації двоелектронного обміну шляхом двох послідовних одноелектронних переходів (i) початковий та кінцевий квазімолекулярні стани зв'язані через дві проміжні одноелектронні сильно взаємодіючі конфігурації у двох областях сильного неадиабатичного зв'язку. Цей механізм з теоретичної точки зору менш цікавий, ніж двоелектронні канали (ii) та (iii), оскільки динаміка послідовних одноелектронних переходів наразі вивчена достатньо повно. Одноступінчатий двоелектронний процес (ii) має чисто кореляційний характер – одночасний перехід двох електронів у такому процесі здійснюється внаслідок корельованої двоелектронної обмінної взаємодії [1]. Двоступінчата реакція (iii) включає одноелектронну обмінну взаємодію на першому етапі зіткнення і корельовану двоелектронну обмінну взаємодію – на другому (див. [2,3]).

У даній роботі розроблений нами квазікласичний варіант асимптотичної теорії іон-молекулярних процесів з перерозподілом [1,2] застосовано до обчислення парціальних та повних перерізів процесів одно- і двоелектронної перезарядки при повільних іон-атомних зіткненнях  $He + Ar^{6+}$ , який детально досліджено експериментально (див., наприклад, праці [3,4]). В наших розрахунках були враховані такі канали електронних переходів:

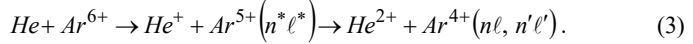
одноелектронне захоплення у основний та збуджені стани іона  $Ar^{5+}$



пряме двоелектронне захоплення (ii)



постадійное двоелектронне захоплення (iii)



Двоелектронні обмінні матричні елементи, що відповідають за канали (2) і (3), були одержані у двоцентровій границі із відповідних аналітичних трицентрових потенціалів обмінної взаємодії, які були побудовані у працях [1] і [2] для іон-молекулярних зіткнень. При розрахунку парціальних і повного перерізів двоелектронного захоплення  $He + Ar^{6+}$  були враховані діабатичні терми початкового  $[He + Ar^{6+}]$  та кінцевих  $[He^{2+} + Ar^{4+}]$  квазімолекулярних станів, що відповідають перезарядці у збуджені стани іона  $Ar^{4+}(n\ell, n'\ell' \equiv 3p3d, 3p4s, 3p4p, 3p4d)$ , а також проміжні терми  $[He^+ + Ar^{5+}]$  одноелектронного захоплення у основний  $3p$  і збуджені  $3d, 4s, 4p$  стани іона  $Ar^{5+}$ . Результати обчислення парціальних і повного перерізів добре узгоджуються з експериментальними даними [3,4]. Показано, що основний внесок у перерізи двоелектронної перезарядки  $He + Ar^{6+}$  роблять канали постадійного двоелектронного захоплення (3).

### Список використаних джерел

1. О.М. Карбованець, М.І. Карбованець, М.В. Хлома, В.Ю. Лазур. European Physical Journal D. Vol. 69, 94 (2015).
2. Т.І. Велеган, М.М. Руснак, М.І. Карбованець. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Фізика. № 42, 85 (2017).
3. L.R. Andersson *et al.* Phys. Rev. A, Vol. 45, №1, R4 (1992).
4. V.V. Afrosimov, A.A. Basalaev, M.N. Panov, A.V. Samoilov. Sov. Phys. JETP. Vol. 64 (2), 273 (1986).

А.А. Кочемба, аспірантка, В.Ю. Лазур, д.ф.-м.н., професор, С.В. Гедеон, к.ф.-м.н., н.с.  
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»  
[alicekochenba2005@gmail.com](mailto:alicekochenba2005@gmail.com)

## ВНЕСОК КАСКАДНИХ ПЕРЕХОДІВ В ПЕРЕРІЗИ ЗБУДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РІВНІВ АТОМА СА ЕЛЕКТРОННИМ УДАРОМ

Представлено результати розрахунків енергетичних залежностей інтегральних перерізів збудження електронним ударом п'ятьох найнижчих станів атома Са в припороговій області енергій до 6-7 еВ.

We present the results of calculations of the energy dependences of the integral cross sections of the electron impact excitation of the five lowest levels of the Ca atom in the range of energies up to 6-7 eV.

Ключові слова: електрон, атом кальцію, розсіяння, збудження, метод R-матриці з B-сплайнами.

Keywords: electron, calcium atom, scattering, excitation, B-splines R-matrix method.

Вивчення елементарних процесів зіткнення електронів з атомами кальцію становить значний інтерес. Відомості про характеристики елементарних процесів взаємодії електронів з атомами Са вкрай необхідні для успішного розвитку багатьох напрямків сучасної фізики і нової техніки, у тому числі фізики плазми, астрофізики, фізики верхніх шарів атмосфери, термоядерної енергетики. Зокрема, продукований при спалахах наднових кальцій є найбільш використовуваним елементом для кількісного аналізу спектра зірок [1]. Атоми Са мають привабливі властивості і для їх застосування в оптичних стандартах частоти [2]. Крім цього, після розгортання робіт з керованого термоядерного синтезу виникла нагальна необхідність у кращому розумінні перебігу основних процесів (пружного розсіяння, збудження та іонізації) при зіткненнях електронів з атомами Са. Однак для більшості атомів лужноземельних елементів, включаючи кальцій, інформація про перерізи пружного розсіяння та збудження енергетичних рівнів електронним ударом до цього часу залишається обмеженою. Збудження електронним ударом вдало поєднується з іншим механізмом заселення енергетичних рівнів — каскадними переходами з більш високих збуджених рівнів енергії. Якщо час життя на верхньому збудженому рівні менший, ніж на розглядуваному нижньому, то виникає можливість заселення нижнього рівня шляхом радіаційного розпаду верхнього рівня. Метою даного дослідження була оцінка внеску каскадних переходів в інтегральні перерізи (ІП) збудження енергетичних рівнів атома Са електронним ударом. Методика розрахунку а також необхідні для цього модифікації та уточнення теорії R-матриці приведені в наших працях [3-7].

В рамках наближення БСР39 [5] нами проведено систематичні розрахунки енергетичних залежностей ІП збудження електронним ударом п'ятьох найнижчих станів  $4s4p\ ^3P^o$ ,  $3d4s\ ^3D$ ,  $3d4s\ ^1D$ ,  $4s4p\ ^1P^o$  та  $4s5s\ ^3S$  атома Са в припороговій області енергій до 6-7 еВ з урахуванням каскадних переходів з вище розташованих енергетичних рівнів.

У випадку збудження переходу  $4s^2\ ^1S - 4s4p\ ^3P^o$  результати розрахунків ІП збудження Са в рамках R-матричних наближень БСР39 та РМ22 [8] добре узгоджуються за формою залежності перерізу від енергії зіткнення. Однак залишаються значні розбіжності між результатами БСР39- та РМ22-наближень



розрахунків за абсолютною величиною перерізу в інтервалі енергій від 2 до 2.6 еВ. У випадку збудження переходу  $4s^2\ ^1S - 4s4p\ ^1P^o$  ситуація дещо краща в тому відношенні, що результати обох наближень задовільно узгоджуються між собою. Розбіжності в результатах для переходів  $4s^2\ ^1S - 3d4s\ ^3D$ ,  $4s^2\ ^1S - 3d4s\ ^1D$ ,  $4s^2\ ^1S - 4s5s\ ^3S$  можуть бути пов'язані з використанням в стандартному  $R$ -матричному наближенні РМ22 ортогональних (щодо радіальних орбіталей мішені  $P_{njl}$ ) хвильових функцій розсіяного електрона  $F_{ia}^r$ .

Збудження розглянутих вище п'яти станів в атомі Са дає при енергіях  $E > 1.8$  еВ значні внески в повний переріз  $e$ +Са-розсіяння. Зокрема, в діапазоні енергій зіткнення 1.8-2.5 еВ основний непружний внесок в повний переріз визначається перерізом збудженням електронного переходу  $4s^2\ ^1S - 4s4p\ ^3P^o$ . При енергіях вище 2.5 еВ домінуючий внесок дає збудження рівня  $3d4s\ ^3D$ , тоді як внесок від переходів  $4s^2\ ^1S - 3d4s\ ^1D$  та  $4s^2\ ^1S - 4s5s\ ^3S$  є відносно малим. При більш високих енергіях сильне дипольне збудження  $4s4p\ ^1P^o$ -рівня забезпечує основний непружний внесок в повний переріз  $e$ +Са-розсіяння.

Результати БСР39 показують, що при енергіях зіткнення  $E > 2.6$  еВ верхні рівні розглянутих вище переходів заселяються не тільки за рахунок прямого електронного збудження з основного стану  $4s^2\ ^1S$ , але істотними є і каскадні переходи з вище розташованих збуджених конфігурацій. Зокрема, саме вкладом каскаду з рівня  $3d4s\ ^3D$  найкраще пояснюється наявність широкого піку в області енергій біля 3.5 еВ у перерізі збудження електронного переходу  $4s^2\ ^1S - 4s4p\ ^3P^o$ , отриманому в експерименті [9]. Також встановлено, що навіть для дозволених переходів необхідно враховувати каскадні переходи з вищих збуджених рівнів, якщо енергія налітаючого електрона достатньо велика.

### Список використаних джерел

1. O. Zatsarinny, H. Parker, K. Bartschat, Phys. Rev. A. 99, 012706 (2019).
2. Дж. Л. Холл, УФН. 176, 1267–1281 (2006).
3. V.F. Gedeon, V.Yu. Lazur, S.V. Gedeon, O.V. Yehiazarian, UJP, 67(3), 161 (2022).
4. V.F. Gedeon, V.Yu. Lazur, S.V. Gedeon, O.V. Yehiazarian, J. Phys. Stud, 26(1), 1301 (2022).
5. O. Zatsarinny, K. Bartschat, S. Gedeon, V. Gedeon, V. Lazur, Phys. Rev. 74, 052708 (2006).
6. O. Zatsarinny, K. Bartschat, V. Gedeon, V. Lazur, E. Nagy, Phys. Rev. 79, 052709 (2009).
7. S. Gedeon, V. Gedeon, V. Lazur, E. Nagy, O. Zatsarinny, K. Bartschat, Phys. Rev. 89, 052713 (2014).
8. A.M. Samson, K.A. Berrington, At.Data and Nuclear data Tables 77, 87 (2001).
9. V. P. Starodub, Opt. Spektrosk. 85, 24 (1998).

*П.С. Мінаєв, аспірант  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[minaevp9595@gmail.com](mailto:minaevp9595@gmail.com)*

## **PARAMETRIC SPACE ON H2HDM AND ELECTROWEAK PHASE TRANSITIONS**

Досліджується електрослабкий фазовий перехід в розширенній стандартній мо-делі з урахуванням спонтанного народження магнітних та хромомагнітних полів при високій температурі.

We discuss electroweak phase transition beyond Standard Model with spontaneous generation magnetic and chromomantic fields

Ключові слова: *Двухдуплетна модель, електрослабкий фазовий перехід, спонтанне намагнучування*

Key words: *Two Higgs boson model, electroweak phase transition, spontaneous magnetization*

We discuss theoretical and phenomenological aspects of two-Higgs-doublet extensions of the Standard Model. In modern notation the h2HDM is the model with  $m_h=125.26$  GeV, where the lightest neutral scalar particle in 2HDM is the usual Higgs boson in Standard Model.

The parametric space of this model is very rich and admits many scenarios of phenomenology of New Physics. But the many restrictions and conditions should be satisfied.

Another point is the Sakharov's conditions for the formation of the baryon asymmetry of the Universe in models with extra scalar fields, we try to show that we can satisfy them in h2HDM and find the region of parametric space where the phase transition is first order. The Sakharov's conditions are not satisfied in Standard Model but it is fundamental problem of modeling the Universe so the searching the New physics this way is relevant.

We present the numerical simulations of parametric space of model .

### **Список використаних джерел**

1. Minaiev, P., Skalozub, V. Spontaneous magnetization of the hot quark-gluon plasma. // Nonlinear Phenomena in Complex Systems 22(3), p. 233-241(2019)
2. P.Minaiev, V. Skalozub. Magnetized quark-gluon plasma at the LHC. // Physics of Particles and Nuclei Letters, Vol. 15, No. 6 (2018).
3. Minaiev, P., Skalozub, V.. The electroweak phase transition in a spontaneously magnetized plasma. // Ukr. J. Phys., 64(8), с. 710-713 (2019).

А.Б. Панчук, студентка, О.Й. Соколовський, д.ф.-м.н., професор  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[dlaigruman@gmail.com](mailto:dlaigruman@gmail.com)

## ЄДИНЕ ФОРМУЛЮВАННЯ МЕТОДУ СКОРОЧЕНОГО ОПИСУ НЕРІВНОВАЖНИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ КЛАСИЧНОГО І КВАНТОВОГО ВИПАДКІВ

Анотація: Пропонується єдиний підхід до врахування при скороченому описі квантової і класичної динаміки. Докладно розглянута кінетика повільних змінних. A unified approach to account in reduced description of quantum and classical dynamics is proposed. The kinetics of slow variables is considered in detail.

Ключові слова: нерівноважні процеси, скорочений опис, функціональна гіпотеза; nonequilibrium processes, reduced description, functional hypothesis.

Триває розробка методів дослідження нерівноважних систем. Опис процесів в макроскопічній системі можливий тільки параметрами  $\eta_a(t)$ , кількість яких значно менша кількості її ступенів свободи. Останнім часом сформувалося точка зору [1], що можливе таке формулювання теорії, яке придатне одночасно у випадках класичної і квантової механік.

Цьому і присвячена наша робота. У розробленій теорії мікроскопічне значення  $\hat{a}$  фізичної величини (ФВ)  $a$  відрізняємо капелюшком. У квантовому випадку  $\hat{a}$  це оператор, а у класичному – функція фазових змінних системи. Мікроскопічний стан системи описується функцією  $\rho$ , яка в квантовому випадку є статистичний оператор (СО), а в класичному випадку функція розподілу системи. Середнє значення  $\bar{a}$  ФВ  $a$  у стані  $\rho$  обчислюємо формулою  $\bar{a} = \text{Sp} \rho \hat{a}$ , де  $\text{Sp}$  в квантовому випадку позначає слід у просторі станів системи, а в класичному випадку інтеграл по фазових змінних з необхідними множниками. Функція  $\rho(t)$  описує змінний у часі стан системи і задовольняє рівняння виду  $\partial_t \rho(t) = \mathbf{L} \rho(t)$ , яке є квантовим або класичним рівнянням Ліувілля. Тут запроваджено оператор  $\mathbf{L}$ , який називаємо оператором Ліувілля (в квантовому випадку використовується також термін супероператор як оператор, що діє на оператори). За означенням він діє на все, що стоїть за ним і має властивість оператора диференціювання  $\mathbf{L} \hat{a} \hat{b} = (\mathbf{L} \hat{a}) \hat{b} + \hat{a} \mathbf{L} \hat{b}$ , яка є наслідок його зв'язку з комутаторами і дужками Пуассона. Всі спостережувані величини є середні значення деяких мікроскопічних величин або їх функції. При цьому справедлива формула  $\text{Sp} \hat{a} \hat{b} = \text{Sp} \hat{b} \hat{a}$  навіть коли  $[\hat{a}, \hat{b}] \neq 0$ . Єдина відмінність квантової теорії від класичної полягає тепер у відсутності комутативності величин типу  $\rho$ ,  $\hat{a}$ ,  $\hat{b}$ . Зручно і у класичному випадку використовувати квантову термінологію.

Метод скороченого опису процесів ґрунтується на функціональній гіпотезі [2], яка вражається першою формулою в (1)

$$\begin{aligned} \rho(t) &\xrightarrow{t \square \tau_0} \rho(\eta(t, \rho_0)) \quad (\rho_0 \equiv \rho(t=0)), \\ \text{Sp} \rho(t) \hat{\eta}_a &\xrightarrow{t \square \tau_0} \eta_a(t, \rho_0) \end{aligned} \quad (1)$$

і описує структуру СО системи за великих часів. Друга формула в (1) є означення параметрів  $\eta_a(t, \rho_0)$ , які скорочено описують стан системи. Стрілка в (1) визначає перехід до асимптотики на шкалі часу  $\tau_0$ . З урахуванням продовження СО системи  $\rho(\eta(t, \rho_0))$  на всі часи  $t \geq 0$  динаміка системи при скороченому описі **точно описується** рівнянням Ліувілля

$$\partial_t \rho(\eta(t, \rho_0)) = \mathbf{L} \rho(\eta(t, \rho_0)) \quad t \geq 0 \quad 2)$$

і рівнянням для параметрів скороченого опису

$$\partial_t \eta_a(t, \rho_0) = L_a(\eta(t, \rho_0)) \quad t \geq 0, \quad L_a(\eta) \equiv \text{Sp} \hat{\eta}_a \mathbf{L} \rho(\eta). \quad 3)$$

На цій основі нами розроблена кінетика повільних змінних, в якій величина  $\mathbf{L} \hat{\eta}_a$  пропорційна малому параметру теорії. У відповідній теорії збурень обчислені СО при скороченому описі  $\rho(\eta)$ , права частина рівнянь для параметрів скороченого опису  $L_a(\eta)$  та величини  $\eta_a(0, \rho_0)$ , які називаються ефективними початковими умовами. Кінетика повільних змінних має багато застосувань (див., наприклад, нашу роботу [3]).

### Список використаних джерел

1. О.Й. Соколовський, Базові уявлення методу скороченого опису нерівно-важних процесів і деякі застосування. – Дніпро: ДНУ, 2022. – 49 с.
2. А.И. Ахиезер, С.В. Пелетминский, Методы статистической физики. – М.: Наука, 1977. – 368 с.
3. О.Й. Соколовський, До питання про кінетику броунівської частинки у нерівноважній рідині // УФЖ. – 1999. – Т.44, №6. – С.721-729.

С.В. Резніков, провідний інженер  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[reznikovev1988@gmail.com](mailto:reznikovev1988@gmail.com)

## НЕРІВНОВАЖНЕ ПОШИРЕННЯ ТЕПЛА У ВАЖКІЙ ГАРЯЧІЙ ПЛАЗМІ

Представлено обчислення процесу поширення теплової хвилі через важку гарячу плазму.

The calculation of the process of heat wave propagation through a heavy hot plasma is presented.

Ключові слова: важка плазма, променева теплопровідність, дистанція половинного ослаблення.

Key words: heavy plasma, radiative thermal conductivity, half attenuation distance.

Нерівноважне поширення тепла в щільній важкій гарячій плазмі зустрічається у широкому спектрі явищ, починаючи з еволюції зірок і закінчуючи процесом інерційного термоядерного синтезу.

При вивченні процесів високої енергетичної щільності в плазмі слід, в першу чергу, враховувати присутнє в ній випромінювання та його взаємодію з плазмою [1]. Для розгляду того, що відбувається в гарячих середовищах, важливим є зворотна кубічна залежність променевої теплопровідності від температури, яка забезпечує формування суттєво нелінійних теплових хвиль у середовищі [2]. Наявність багатоелектронних оболонок у важких атомах ще більше ускладнює картину процесів, що відбуваються.

Явища, що реалізуються у важкій гарячій плазмі, дозволяють не лише описувати процеси еволюції зірок, а й мають практичне застосування для розрахунку інерційного термоядерного синтезу [3].

### Список використаних джерел

1. Kuznetsova, T. D. & Frank-Kamenskii, D. A. Radiative Thermal Conductivity of a Fully Ionized Plasma // *Soviet Astronomy*. – 1962. – Vol. 6. – P. 191-197.
2. Drake, R.P. (2018). Properties of High-Energy-Density Plasmas. In: *High-Energy-Density Physics*. // *Graduate Texts in Physics*. Springer, Cham. 2018 [https://doi.org/10.1007/978-3-319-67711-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-67711-8_3).
3. Atzeni, Stefano, and Jürgen Meyer-ter-Vehn, *The Physics of Inertial Fusion: Beam Plasma Interaction, Hydrodynamics, Hot Dense Matter*, International Series of Monographs on Physics (Oxford, 2004; online edn, Oxford Academic, 1 Jan. 2008), <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198562641.001.0001>.

*М.В. Товт, аспірант, В.Ю. Лазур, д.фіз.-мат.н., професор,  
С.А. Нодь, к.фіз.-мат.н., доцент  
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»  
[mariana.tovt@uzhnu.edu.ua](mailto:mariana.tovt@uzhnu.edu.ua)*

## РОЗРАХУНКИ СТРУКТУРИ АТОМА ТИТАНУ В МСНФ-НАБЛИЖЕННІ

Було проведено багатоконфігураційні розрахунки структури атома титану. Отримано набір енергій спектроскопічних рівнів та одноелектронних орбіталей атома титану.

Multi-configurational calculations of the structure of titanium atom were carried out. A set of energies of spectroscopic levels and one-electron orbitals of an titanium atom was obtained.

Ключові слова: Метод Хартрі-Фока, структура атома, багатоконфігураційне наближення, одноелектронні орбіталі, атом титану.

Keywords: Hartree-Fock method, atomic structure, multi-configuration approximations, one-electron orbitals, titanium atom.

Дослідження елементарних процесів, що відбуваються в результаті зіткнення атомних частинок, їх точність та повнота базуються, в першу чергу, на точності і обширності розрахунків атомної структури. Квантова теорія багаточастинкових систем, до яких належать атоми та іони, є надзвичайно складною, і більшість таких задач розв'язується лише наближено.

До найбільш загальних методів розрахунку атомної структури належать багатоконфігураційні методи (МС) [1,2], і близько зв'язані з ними, але в загальному менш точні методи конфігураційної взаємодії (СІ) [3,4]. У багатоконфігураційних розрахунках варіаційний принцип використовується для отримання набору зв'язаних інтегро-диференціальних рівнянь, одного для кожної радіальної функції, у той час як коефіцієнти отримуються шляхом розв'язання секулярного рівняння у вигляді

$$(\mathbf{H} - \mathbf{E}_1)\mathbf{c} = 0, \quad (1)$$

де матриця  $\mathbf{H}$  має елементи  $H_{ij} = \langle \Phi_i | \hat{H} | \Phi_j \rangle$ , а  $\hat{H}$  – оператор Гамільтона. Ці дві оптимізації здійснюються в один і той самий час інтерактивним методом, що зазвичай називається самоузгодженим полем.

У багатоконфігураційному методі Хартрі-Фока (МСНФ) [5] МС-техніка використовується для отримання радіальних функцій і нерелятивістських енергій. За допомогою пакету МСНФ [5] було здійснено багатоконфігураційні розрахунки структури атома титану. Атоми скандію та титану, розміщені поряд у одному рядку (4 період) Періодичної системи елементів, є першими атомними об'єктами, електронні конфігурації яких в основному (тобто не збудженому) стані містять  $d$ -електрони у валентних оболонках. Наявність в атомі титану двох еквівалентних  $d$ -електронів у незаповненій оболонці різко ускладнює весь процес багатоконфігураційних розрахунків структури атома Ті в наближенні Хартрі Фока (МСНФ) [5]. Велика кількість проміжних термів у  $d^3$ -оболонці та  $d^2$ -оболонці і, відповідно, розмаїття кінцевих збуджених станів атома Ті з конфігурацій  $3d^3(4^2Z)4s$ ,  $3d^2(3^1Z)4s4p$ ,  $3d^3(4^2Z)4p$  наразі перебиває можливості стандартних МСНФ-пакетів щодо охоплення в одному HF-розрахунку всіх спектроскопічних станів з однаковим термом. Це необхідне для

досягнення ортогональності одноелектронних орбіталей станів мішені з однаковим термом. При використанні ж ступінчатої процедури розрахунку хартрі-фоківських атомних орбіталей, на порядок зростає складність використовуваних обчислювальних алгоритмів. Водночас, вельми проблемним стає можливість застосування отриманих одноелектронних орбіталей у розрахунках розсіяння, а це зв'язано з можливим порушенням ортогональності одноелектронних орбіталей у „ступінчатих” розрахунках структури.

Точне врахування ефектів електронної кореляції вже давно вважається однією з найважливіших проблем теорії атома. Ці ефекти відіграють важливу роль в розрахунках характеристик атомної структури, дослідженні процесів збудження атомів і в теорії розсіювання електронів атомами. Поняття кореляція була визначена у [6], як різниця між точною енергією для окремого нерелятивістського гамільтоніана і хартрі-фоківськими (або одноконфігураційними) результатами для того ж оператора Гамільтона. Фізичною інтерпретацією є динамічна поведінка електронів, які в одноконфігураційній моделі переміщуються незалежно один від одного в усередненому центральному полі. Кореляція відображає той факт, що вони фактично уникають один одного на своїх “орбітах”.

Із наявності у спектрі атома Ti станів з відкритими 3d- та 4s-оболонками слідче необхідність урахування у розрахунках як валентної, так і кор-валентної кореляцій. Точність обчислень встановлено шляхом порівняння теоретичних значень енергій рівнів з експериментальними даними NIST [7], що у наших розрахунках переважно складає 0.05-0.5 eV.

### Список використаних джерел

1. Froese Fischer, C., "The Hartree-Fock Method for Atoms" (John Wiley 1977).
2. Froese Fischer, C., *Computer Phys. Commun.* 64,369 (1991).
3. Hibbert, A., *Computer Phys. Commun.* 9, 141 (1975).
4. Froese Fischer, C., *Computer Phys. Commun.* 64,469 (1991).
5. Charlotte Froese Fischer. The MCHF atomic-structure package // *Comput. Phys. Commun.* – 1991. – V.64. – No 3. – P. 369–398.
6. Brage T. Systematic Calculations of Correlation in Complex Ions / T. Brage, C. Froese Fischer // *Phys. Scr.* 1993. – V. T47. – P. 18-28.
7. Kramida, A., R. Tichenko, Yu., Reader, J., and NIST ASD Team (2012). *NIST Atomic Spectra Database* (ver. 5.0), [Online]. Available: <http://physics.nist.gov/asd> [2013, April 13]. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD.

# **ДВИГУНИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ. ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ**

**Габрінець Володимир Олексійович**  
доктор технічних наук, професор

**Мітіков Юрій Олексійович**  
доктор технічних наук, доцент

**Шелетов Юрій Олексійович**  
кандидат технічних наук, доцент

**Губін Сергій Вікторович**  
кандидат технічних наук, професор



*А.В. Автуєвич, студентка, С.А. Пальков, к.т.н.  
Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»  
[a.v.avtuevych@student.khai.edu](mailto:a.v.avtuevych@student.khai.edu)*

### ТЕРМОМІЦНІСТНИЙ ЧИСЕЛЬНИЙ АНАЛІЗ КАМЕРИ ЗГОРЯННЯ РРД

В запропонованій статті представлені матеріали, що демонструють можливості сучасного термоміцнісного інструментарію НДДКР, на прикладі високонапружених елементів камери згоряння РРД, тобто елементів, що схильні до впливу на них високих температур і тисків, що довільно змінюються в часі.

Можливість моделювання термоструктурної поведінки камери двигуна за допомогою нелінійного аналізу методом скінчених елементів дозволяє інженерам гарантувати структурну безпеку конструкції.

Метою даної роботи є аналіз з чисельної точки зору основних причин відмови камери згоряння рідинного ракетного двигуна.

Умовами чисельного експерименту передбачається навантаження конструкції, що моделює напружено-деформований стан за умов, що відповідають номінальному режиму роботи.

За наявності належної вибірки з можливого спектру режимів роботи розрахунків та візуалізація фізичних полів дозволяють отримати комплексну картину властивих явищ напружено-деформованого стану.

Як об'єкт моделювання використовується тривимірна модель камери згоряння РРД.

Задля отримання полів температур в роботі проводиться перехідний нелінійний термічний аналіз каналів охолодження. Теплова проблема конструкції є нелінійною через температурно-залежні властивості матеріалу конструкції, що розглядається. Пов'язана проблема теплопровідності описується наступним диференціальним рівнянням:

$$\nabla^2 = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial \theta'}$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт теплопровідності;  $T$  – температура;  $\theta$  – час.

Безперервність температурних і теплових потоків на межі розділу між шарами охолоджуючого тракту камери, виготовленими описуються за допомогою наступних рівнянь:

$$k_i \frac{\partial T_i}{\partial n} = k_j \frac{\partial T_j}{\partial n}$$

$$T_i = T_j,$$

де  $i$  та  $j$  представляють два загальні контактуючі матеріали;  $k$  – теплопровідність;  $n$  – напрям теплового потоку.

Непружна поведінка камери згоряння РРД моделюється в припущенні комбінованої ізотропно-кінематичної моделі зміцнення; зокрема, розглядається багатолінійна ізотропна модель зміцнення та нелінійне рівняння Шабоса, тоді як ефект повзучості моделюється за допомогою моделі комбінованого часового зміцнення. Параметри багатолінійної ізотропної моделі отримуємо шляхом екстраполяції даних експериментальних результатів у термінах стабілізованих кривих напруження-пластичної деформації при різних температурах, доступних для

матеріалів стінок камери. При цьому, для включення кінематичних ефектів, зміцнення згідно з нелінійною моделлю Армстронга-Фредеріка, використовувався закон кінематичного зміцнення Шабоса з трьома зворотними напруженнями. Комбіновану модель часового зміцнення можна описати наступним співвідношенням:

$$\varepsilon_{cr} = \frac{D_1 \sigma^{D_2} t^{D_3+1} e^{-\frac{D_4}{T}}}{D_3+1} + D_5 \sigma^{D_6} t e^{-\frac{D_7}{T}},$$

де  $D_1, \dots, D_7$  – коефіцієнти матеріалу.

#### **Список використаних джерел:**

1. Thermostructural Numerical Analysis of the Thrust Chamber of a Liquid Propellant Rocket Engine / M. Ferraiuolo et al. PubMed. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35955363>

*О.С. Аксьонов, аспірант<sup>1,2</sup>, О.Є. Золотько, к.т.н., доцент<sup>1</sup>,  
1 Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
2 Державне підприємство  
«Конструкторське бюро «Південне»»  
[sseg@gmail.com](mailto:sseg@gmail.com)*

## **ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИНИ ПИТОМОГО ТЕПЛОВОГО ПОТОКУ У КАМЕРІ ДЕТОНАЦІЙНОГО ДВИГУНА**

Анотація. Методи розрахунку питомого теплового потоку на основі інтегральних співвідношень для пограничного шару, які застосовуються у рідинних ракетних двигунах, не узгоджуються з експериментальними даними для камер детонаційних двигунів. Тому для визначення величини питомого теплового потоку у камері детонаційного двигуна використовують критеріальне рівняння Рахон та формулу Viegas. Причому залежність Viegas є більш універсальною.

Ключові слова: детонаційний двигун; питомий тепловий потік.

Abstract. Methods for calculating the specific heat flux based on integral relations for the boundary layer used in liquid rocket engines do not agree with experimental data for detonation engine chambers. Therefore, the Paxon's criterion equation and the Viegas' formula apply to determine the value of the specific heat flux in the detonation engine chamber. Moreover, the Viegas' dependence is more appropriate.

Key words: detonation engine; the specific heat flux.

Детонаційні двигуни (ДД) характеризуються більшою термодинамічною ефективністю порівняно з ракетними двигунами, які працюють за циклом Брайтона. Питомий тепловий потік  $q$ , що передається до стінок камери ДД, в декілька разів вищий, ніж у рідинних ракетних двигунах (РРД). Відомо, що значення питомого теплового потоку  $q$  від продуктів згоряння до стінок камери РРД знаходять шляхом розв'язання інтегральних співвідношень енергії та імпульсів у пристінковому шарі за методикою [1]. Однак, при використанні зазначеної методики для умов камери ДД результати розрахунків значно (у три рази і більше) відрізняються від даних експериментів.

Параметри детонації суттєво залежать від складної багатофронтної структури детонаційної хвилі. Величину питомого теплового потоку від продуктів детонації до стінки камери можна визначити методами теорії подібності на основі критеріальних рівнянь. Так, у деяких сучасних дослідженнях для визначення величини питомого теплового потоку в імпульсних ДД застосовують критеріальне рівняння Рахон [2], яке дозволяє з прийнятною точністю проводити розрахунки величини  $q$  за фронтом детонаційної хвилі. Для визначення значень  $q$  на фронті детонаційної хвилі доцільно використовувати формулу Viegas [3], що враховує в'язку дисипацію енергії у надзвуковому газовому потоці. Урахування впливу в'язкої дисипації призводить до збільшення величини питомого теплового потоку, який передається конструкції камери, приблизно на 30 %. За фронтом детонації розрахунки за формулами Viegas та Рахон дають майже однакові результати, які відрізняються між собою не більше, ніж на 1 %.

### Список використаних джерел

1. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: учебник для высших учебных заведений / [Добровольский М.В.]; под ред. Д.А. Ягодникова. – [3-е изд., доп.]. – Москва. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. – 461 с.
2. Paxon, D. E. Numerical Analysis of a Pulse Detonation Cross Flow Heat Load Experiment // D. E. Paxon, A. G. Naples, J. L. Hoke, F. Schauer // 49<sup>th</sup> AIAA Aerospace Sciences Meeting - AIAA 2011-584. – 2011.
3. Viegas J.R. On the Use of Wall Functions as Boundary Conditions for Two-Dimensional Separated Compressible Flows. Technical Report / J. R. Viegas, M. W. Rubesin, C. C. Horstman // AIAA 23rd Aerospace Sciences Meeting. – 1985.

*М.О. Бондаренко, аспірант, В.О. Габрінець, професор  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[@icloud.com](mailto:n.bondarenko0107)*

## **КЕРУВАННЯ ВЕКТОРОМ ТЯГИ ТВЕРДОПАЛИВНОГО ДВИГУНА ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧНИХ РАКЕТ**

Зараз велике значення у бойових діях різного масштабу набули операції з застосуванням усіх типів ракет. Відповідно зростають заходи по протидіям від цих ракет. Для успішного виконання бойового завдання необхідно передбачити та протидіяти різним заходам вірогідного противника при застосуванні твердопаливних оперативно-тактичних ракет. Перспективним заходом є зміні траєкторії самої ракети на різних етапах її польоту.

У даній роботі розглянуто різні способи керування вектором тяги твердопаливного двигуна оперативно-тактичної ракети на початковій ділянці польоту для протидії системам протиповітряної оборони противника. Описано такі методи, як векторне керування з використанням засобів автоматичного керування, програмоване керування вектором тяги, метод внутрішнього керування вектором тяги та гібридне керування вектором тяги. Кожен з цих методів має свої переваги та недоліки і може використовуватися залежно від ситуації на полі бою та ділянки польоту.

Авторами пропонуються застосовувати такі підходи:

Керування вектором тяги є важливим аспектом контролю за польотом твердопаливних ракет в бойових умовах.

За допомогою керування вектором тяги можна забезпечити точність та ефективність польоту оперативно-тактичних ракет.

Існує кілька методів керування вектором тяги, таких як векторне керування, програмоване керування, внутрішнє керування та гібридне керування.

Оптимальне використання методів керування вектором тяги може допомогти забезпечити успішне виконання завдань, які стоять перед оперативно-тактичними ракетами під час військових конфліктів.

Розглянуті підходи можуть допомогти забезпечити ефективність та точність польоту ракети в умовах бойових дій.

Ключові слова:

*керування вектором тяги, твердопаливний двигун, оперативно-тактична ракета, ділянка польоту, системи протиповітряної оборони, векторне керування, автоматичне керування, програмоване керування, внутрішнє керування, гібридне керування, бойові умови, точність ракети*

Currently, operations involving all types of missiles have become of great importance in various scale combat actions. Consequently, measures to counteract these missiles have been increasing. To successfully carry out combat missions, it is necessary to predict and counter various measures of the potential enemy when using solid-fueled tactical missiles. A promising measure is to change the trajectory of the missile at different stages of its flight.

This work considers various methods of controlling the thrust vector of a solid-fuel engine of a tactical missile at the initial stage of flight to counteract the enemy's air defense systems. Methods such as vector control using automatic control means, programmed thrust vector control, internal thrust vector control, and hybrid thrust vector control are described.

Each of these methods has its advantages and disadvantages and can be used depending on the situation on the battlefield and the stage of the flight.

The authors propose the following approaches:

1. Thrust vector control is an important aspect of flight control of solid-fuel missiles in combat conditions.

2. Thrust vector control can ensure the accuracy and effectiveness of the flight of tactical missiles.

3. There are several methods of thrust vector control, such as vector control, programmed control, internal control, and hybrid control.

4. Optimal use of thrust vector control methods can help ensure the successful completion of tasks faced by tactical missiles during military conflicts.

The discussed approaches can help ensure the effectiveness and accuracy of missile flight in combat conditions.

Keywords:

*thrust vector control, solid fuel engine, operational-tactical missile, flight segment, air defence system, vector control, automatic control, programmed control, internal control, hybrid control, combat conditions, missile accuracy.*

#### **Список використаних джерел:**

1. Шапошник В. І., Качер В. О., & Курдюков О. Ю. (2016). Аналіз методів керування вектором тяги при створенні зразків твердопаливних ракет. Науково-технічний журнал "Вісник Військової академії України", 1(45), 148-155.

2. Liu, X., & Luo, Z. (2015). Control of solid rocket motors. Progress in Aerospace Sciences, 74, 28-55.

3. Chen, C. F., & Lin, Y. F. (2011). A review of missile attitude control systems. Journal of Guidance, Control, and Dynamics, 34(3), 676-687.

4. Miller, D. W., & Volden, J. (2014). The Art of Missile Guidance. American Scientist, 102(6), 416-423.

С.А. Борисенко<sup>1</sup>, аспірант, А.Ф. Санін<sup>1</sup>, д.т.н., професор., В.В. Муратов<sup>2</sup>, PhD  
<sup>1</sup>Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,  
<sup>2</sup>Державне підприємство  
«Науково-виробниче об'єднання «Павлоградський хімічний завод»  
[borisenko4862@gmail.com](mailto:borisenko4862@gmail.com)

## РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА ПИТОМОГО ІМПУЛЬСУ ТЯГИ

Анотація: Встановлюється можливість визначення питомого імпульсу тяги твердого ракетного палива при використанні розрахунково-експериментального методу дослідження внутрішньобалістичних параметрів модельних маломасштабних зарядів.

Ключові слова: питомий імпульс тяги, тверде ракетне паливо, газогенератор,

Abstract: The possibility of determining the specific thrust impulse of solid rocket fuel using the computational and experimental method of studying the intrinsic parameters of model small-scale charges is established.

Keywords: specific thrust impulse, solid rocket fuel, gas generator,

Питомий імпульс тяги (ПІТ) - основна балістична характеристика твердого ракетного палива (ТРП), яка визначається як відношення сумарної тяги до секундної масової витрати двигуна Мета роботи - визначення ПІТ ТРП з використанням розрахунково-експериментального методу дослідження внутрішньобалістичних параметрів модельних маломасштабних зарядів ТРП при їх випробуванні у камері газогенератора.

Допоміжні параметри та характеристики, які необхідні для визначення ПІТ, встановлюються за результатами випробувань ТРП у газогенераторі при забезпеченні умов у камері згорання газогенератора близьких до умов повномасштабного двигуна (тиск, температура тощо). Модельний маломасштабний заряд ТРП представляв собою каналний вкладний виріб із броньованими торцями. Для проведення випробувань використовували газогенератор з камерою згорання довжиною 155 мм і діаметром 100 мм. Займання паливного заряду здійснювалось таблеткою з піротехнічного складу  $m = 1,5$  г. Під час випробувань середньоінтегральне значення тиску становило від 9,21 МПа до 15,48 МПа, що приблизно дорівнює значенню середньоінтегрального тиску повномасштабного двигуна.

Обробка результатів випробувань ПІТ модельного ТРП дозволила визначити проміжок часу роботи, за період якого середньоінтегральне значення тиску у камері згорання газогенератора дорівнює значенню середньоінтегрального тиску повномасштабного двигуна. Розбіжність між різними методами обчислення ПІТ ТРП склала ~51%, що обумовлено недосконалістю газодинамічних процесів та неповноцінністю конструкції соплового блоку у газогенераторі. Для компенсації наведеної розбіжності пропонується ввести коефіцієнт розбіжності  $k = 1,51$ .

*М.І. Васін, аспірант<sup>1</sup>, Ю. О. Мітіков, д.т.н., доцент<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Державне підприємство «Виробниче об'єднання "Південний машинобудівний завод" імені О. М. Макарова»,*

*<sup>2</sup>Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
[vasin.mikh@gmail.com](mailto:vasin.mikh@gmail.com)*

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ НАДХОЛОДНОЇ СИСТЕМИ НАДДУВАННЯ БАКА ПАЛЬНОГО РУШІЙНОЇ УСТАНОВКИ**

Публікація актуалізує питання конструктивної досконалості системи наддуву баків і дає можливість знизити потреби в газі наддуву. Недостатній рівень знань щодо систем наддуву зумовлений відсутністю інформації щодо розподілення температур у баку. Робота містить експериментальну інформацію отриману під час роботи двигуна в процесі польоту та порівнює її з результатами математичного моделювання. Отримані результати дозволяють цілеспрямовано удосконалювати конструкцію систем наддуву. Ключові слова: система наддування, гелій, температурне розшарування.

The publication updates the issue of the structural perfection of the tank supercharging system and provides an opportunity to reduce the need for supercharge gas. The insufficient level of knowledge about supercharging systems is due to the lack of information about the temperature distribution in the tank. The work contains experimental information obtained during the operation of the engine in flight and compares it with the results of mathematical modeling. The obtained results make it possible to purposefully improve the design of supercharging systems. Key words: supercharging system, helium, temperature stratification.

Дослідження відносяться до систем наддування (СН) баків пального сучасних ракетних рушійних установок. Ці установки працюють за схемою з допалюванням окисного генераторного газу з дроселюванням. При проектуванні ракет-носіїв (РН) «Зеніт» і «Енергія» за підсумками ретельного математичного моделювання була здійснена зміна типу систем наддування. Був здійснений перехід з традиційної гарячої гелієвої СН баків пального на так звану надхолодну СН. У ній гелій вводиться у баки пального безпосередньо з криогенною температурою (90 – 50К). На етапі проектування РН для неї є всі необхідні вихідні дані. Ще вона виходить на 30% легшою.

Метою дослідження було проведення аналізу експериментальних даних надхолодної СН та формулювання шляхів підвищення її параметрів. Проведено аналіз засобів вимірювання параметрів системи, основних отриманих результатів. Експериментальні результати зіставлені з результатами математичного моделювання параметрів СН. Показано задовільну збіжність, особливо за величиною тиску газу в баку. Деякі відмінності за температурою газу в баку пояснені його температурним розшаруванням і особливостями введення. Наведено конструкцію пристрою введення, показано місце його встановлення на верхньому днищі бака. Різниця між температурою пального в баку та заміряними температурами газу в баку не перевищувала 70К з яскраво вираженою тенденцією до підвищення до кінця роботи двигуна. Зниження температури пального на вході в насоси не зафіксовано. Локальне зниження температури верхнього днища бака (два виміри) не перевищувало семи градусів. Показана відмінність (до 20К до кінця роботи двигуна) розрахункової



температури гелію в балонах та заміряної на виході з них. Висунуто гіпотезу, яка пояснює цей факт. У методиці розрахунку як еквівалентний діаметр балонів приймався один, рівний їх обсягу, що зменшувало розрахункову площу теплообміну.

Отримані та проаналізовані експериментальні дані дозволяють цілеспрямовано удосконалювати конструкцію системи надхолодного наддування.

#### **Список використаних джерел:**

1. Спосіб наддування паливного бака ракети: пат. 51806 Україна: МПК F02K 11/00, B64D 37/00/ Шевченко Б.О., Мітіков Ю.О., Логвиненко А.І. – №а200203979; заявл. 29.04.02; опубл. 15.08.02. – 5 с.

2. Митіков Ю.А., Петренко Р.М. Совершенствование гелиевой системы наддува путем нагрева баллонов горючим//Авиационно-космическая техника и технология. – 2014. – №1/108. – С.80 – 84.

3. Пристрій для наддування паливного бака рушійної установки: пат. КМ 82105 Україна: МПК B64D 37/00/ Волошин М.Л., Мітіков Ю.О., Логвиненко А.І., Шевцов Є.І. Заявник ДКБ «Південне». – №u201303979; заявл.29.04.13; опубл. 15.10.13. – 5 с.

С.Ш. Векілов, аспірант<sup>1</sup>, В.І. Ліповський, к.ф.-м.н., доцент<sup>1</sup>, Марчан Р. А., к.т.н.<sup>2</sup>, Логвиненко А. О., інженер-конструктор<sup>2</sup>, Пустовий Р. О., інженер-конструктор<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара,

<sup>2</sup>FlightControl Propulsion

[abst0@i.ua](mailto:abst0@i.ua), [lealvi@ukr.net](mailto:lealvi@ukr.net), [roman.marchan@flightcontrol.space](mailto:roman.marchan@flightcontrol.space),  
[artem.logvinenko@flightcontrol.space](mailto:artem.logvinenko@flightcontrol.space), [roman.pustovoyov@flightcontrol.space](mailto:roman.pustovoyov@flightcontrol.space)

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА МЕТОДИК РОЗРАХУНКУ ВІДЦЕНТРОВИХ РОЗПИЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ, ВИГОТОВЛЕНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**Анотація.** В даній доповіді приведена експериментальна оцінка методик розрахунку відцентрових розпилюючих пристроїв рідинних ракетних двигунів, виготовлених за допомогою адитивних технологій. Основна проблема полягає в частковій або повній неможливості застосування існуючих розрахункових методів для проектування відцентрових форсунок, виготовлених традиційними методами виробництва, для металевих 3Д-друкованих виробів. В доповіді приведені дані холодних гідравлічних випробувань на модельній рідині, проведено спробу застосування існуючих розрахункових залежностей для описання отриманих параметрів відцентрових 3Д-друкованих розпилюючих пристроїв.

**Annotation.** In this paper main means of experimental evaluation of parameters of additively manufactured LPRE swirl injectors are considered. The key problem lies in partial or full infeasibility of application of the existing designing methods for conventionally manufactured swirl injectors when adapting the design to the additive manufacturing. Hydraulic testing data obtained for the model fluid is presented in the paper; the effort of application of the existing evaluation dependencies for additively manufactured swirl injectors is described in the paper.

**Ключові слова:** відцентрові розпилюючі елементи, відцентрові форсунки, кут розпили форсунки, експериментальна оцінка параметрів форсунки, адитивні технології, 3Д-надруковані форсунки, аналіз даних гідравлічних випробувань.

**Keywords:** swirl injection elements, swirl injectors, swirl angle, experimental estimation of the injector's parameters, additive manufacturing, 3D-printed injectors, analysis of hydraulic testing data.

Для камер рідинних ракетних двигунів однією із основних вимог є якомога ефективніша організація робочого процесу у камері згоряння, що певною мірою відображає конструкційну досконалість виробу. Показник економічності роботи камери (частково, а інколи і повністю) визначає його змішувальна головка, а її складові елементи, форсунки, зазвичай потребують підвищеної уваги на всіх етапах виробництва. Нерідко, при проектуванні нового виробу, відпрацювання змішувальної головки забирає левову частку часу та загальних витрат на проектування камери двигуна. Це пов'язано із складністю вибору та відпрацювання її окремих складових – форсунок. Серед існуючих рідинних змішувальних елементів, типовим є використання закритих відцентрових форсунок. Вони мають багато переваг, що обумовлює можливість досягнення високого показника ефективності робочого процесу при збереженні високої технологічності конструктивного рішення. Однак, на практиці завжди існує відхилення реальних параметрів роботи відцентрової форсунки від проектних, а велика кількість робіт по їх уточненню додатково підкреслює

складність та багатофакторність на перший погляд простого робочого процесу. Таким чином, відпрацювання змішувальної головки, що складається із відцентрових форсунок значною мірою зводиться до відпрацювання її однієї складової – індивідуального змішувального елемента. Саме тому важливо використовувати такі залежності, що із заданою точністю дають змогу прогнозувати основні параметри відцентрової форсунки на ранньому етапі проектування.

В даній роботі розглянуто проблематику проектування відцентрових форсунок, виготовлених за допомогою методів адитивних технологій. Існуючі методики частково або повністю не дають змоги визначати проєктні параметри роботи відцентрових змішувальних елементів, таких як потрібний перепад тиску, коефіцієнт заповнення перерізу форсунки, а також кут її розпилу, тощо. Для виготовлення форсунок, використовувався метод адитивного виробництва L-PBF (Laser Powder Bed Fusion). В роботі проведено експериментальне дослідження відцентрових форсунок, встановлені основні параметри їх роботи. Виконано аналіз отриманих експериментальних даних. Розглянуто основні наявні методики визначення параметрів відцентрових форсунок. Результати розрахунків порівняно із отриманими експериментальними даними.

За результатами проведеної роботи показано, що існуючі розрахункові залежності частково або повністю не задовільняють вимогам визначення параметрів роботи 3Д-друкованих відцентрових форсунок із заданою конструктивною точністю. Виконано спробу знайти закономірність відхилення реальних параметрів від проєктних у відцентрових форсунок, виготовлених за допомогою адитивних технологій.

The effectiveness of the combustion process is one of the main requirements while LPRE chambers operation which in turn reflects its design accomplishment to a certain degree. Efficiency parameter of the chamber (partially or sometimes completely) is determined by a mixing head and its elements - injectors, which are usually to be subjected to an increased attention during every manufacturing stage. In many cases while designing a new LPRE, developing of a mixing head takes a major amount of time and costs. This may relate to high complexity of the designer's choice and development of its individual mixing elements. It is typical to use closed-end swirl injectors when designing a mixing head of a liquid rocket engine. There are a wide range of advantages which specifies the ability to achieve high process effectiveness along with great producibility of the design solution. However, it is difference which always takes place between theoretical and real parameters in practice. Moreover, a great amount of works aimed to make the prediction more precise is just another evidence of the great complexity and multifactorial nature of the operational process of the swirl injectors. Thus, the development of the mixing heads of the kind mainly relies on the development of its individual mixing element. That is why it is of the most importance to have a reliable dependency which allow to predict main parameters of the swirl injectors during the early stage of the development.

In this work the issue of designing of the additively manufactured swirl injectors is considered. The existing methods partially or completely do not allow to determine the design parameters of the operation of swirl mixing elements, such as the pressure drop, the filling coefficient, as well as its spray cone angle, etc. Additively manufactured injectors were produced with L-PBF (Laser Powder Bed Fusion) method. In this work the experimental data for the operational parameters of the swirl injectors was obtained and analyzed. The analysis of the existing methods aimed at determining the main swirl injectors parameters was considered. The results of the calculations are compared to the experimental data.

According to the results of the work carried out, it is shown that the existing calculation dependencies partially or completely do not satisfy the requirements for determining the operating parameters of 3D-printed swirl injectors with the specified design accuracy. An attempt was made to find the regularity of the deviation of the real parameters from the designed ones in swirl injectors manufactured with additive technologies.

### Список використаних джерел

1. S. Vekilov, V. Lipovskiy, R. Marchan, O. E. Bondarenko. Distinctive features of SLM technology application for manufacturing of LPRE components // Вісник Дніпровського університету. Серія: Ракетно-космічна техніка. (Journal of Rocket Space Technology). – 2021. – Т. 29, № 4, випуск 24 – С. 112–123.
2. 3D printed acoustic igniter of oxygen-kerosene mixtures for aerospace applications//8 TH EUROPEAN CONFERENCE FOR AERONAUTICS AND SPACE SCIENCES (EUCASS)// DOI: 10.13009/EUCASS2019-238;
3. Dieter K. Huzel, David H. Huang – Modern Engineering for Design of Liquid Propellant Rocket Engines (Progress in Astronautics and Aeronautics) Revised, Subsequent Edition. – AIAA, 1992, 431 pgs.
4. Vasil'ev A. P., Kudrjavcev V. M., Kuznecov i dr.; pod red. Kudrjavceva V. M., Osnovy teorii i rascheta zhidkostnyh raketnyh dvigatelej, M., "Vyssh. shkola", 1975, 656 s.
5. M. V. Dobrovolskiy, Zhidkostnye raketnye dvigateli. M.: Mashinostroenie, 1968 – 396 s.
6. ASTM Committee F42 on Additive Manufacturing Technologies. Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies ASTM Standard: F2792-12a. (2012).

*М.С.Дробишев, студент, С.Г.Бондаренко, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[dms010305@gmail.com](mailto:dms010305@gmail.com)*

## **ВИКОРИСТАННЯ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ В АГРЕСИВНИХ УМОВАХ КОСМІЧНОГО ПРОСТОРУ І НЕБЕСНИХ ТІЛ**

Анотація: Розглянута можливість використання високотемпературних акумуляторних батарей в умовах венеріанської поверхні. The possibility of using high-temperature batteries in the minds of the Venusian surface will be considered.

Ключові слова: Венера, акумулятор, джерело струму, високі температури, експериментальні розробки, рідкий електрод, твердий електроліт, Venus, battery, current source, high temperatures, experimental developments, liquid electrode, solid electrolyte.

Дослідження космічного простору ведеться за допомогою автоматичних міжпланетних кораблів, штучних супутників, посадкових апаратів та науко-дослідницьких станцій. Кожен такий апарат потребує великої кількості енергії, яку потрібно видобувати та зберігати. Перша проблема вирішується завдяки сонячним панелям, які в умовах космосу значно ефективніші, ніж на поверхні атмосферних планет, та радіоізотопними термоелектричними генераторами, які є незалежними від навколишнього середовища. Другу проблему вирішують акумуляторні системи різних типів. Вони повинні бути надійними, стійкими до впливів радіації, ударів, вібрації, мати великий термін служби, не викликати шуму та шкідливих викидів.

На сьогодні, в час нової хвилі космічних досліджень науковці прагнуть отримати дані з дуже цікавої та погано дослідженої планети сонячної системи – Венери. Останні дослідницькі станції торкалися поверхні Венери 1984 року та функціонували лише кілька годин (радянські апарати «Вега-1» та «Вега-2»). Такий малий період роботи пов'язаний з агресивними умовами на поверхні планети, де атмосферний тиск сягає 10 МПа, а температура - +730К. Нікель-кадмієві акумулятори, які зазвичай використовували на апаратах тих років, не здатні працювати в таких умовах, отже потребують захисту, який не є ідеальним рішенням. Сучасні типи акумуляторів, такі як Li-Ion, Li-Po та LFP теж не витримують такої температури і тиску, отже потрібно нове технічне рішення.

Проаналізувавши проблему, мною було прийнято рішення відмовитися від знаходження способу захисту акумулятора та розглянути можливість використання високотемпературних батарей. Їх використання дозволить зменшити масу апарату за рахунок відсутності теплоізоляції. Також за рахунок цієї маси можна збільшити ємність збірки, збільшивши кількість комірок. Було розглянуто кілька варіантів акумуляторів, які використовують різні матеріали для катоду та аноду, такі як літій, цинк-хлорид, заліза сульфід, сірка та ін. Вибір пав на два типи акумуляторів: сірко-натрієві та літій-алюміній-сульфід-залізні. Конструкція першого складається з рідких електродів (сірка та натрій) та твердого електроліту Р-глинозему ( $Al_2O_3$ ). Питома енергія таких акумуляторів коливається

в районі 85-150 Вт\*год./кг. Кількість циклів заряду – 500. Робоча температура – від 573К. Другий же тип має від’ємний електрод із сплаву літію та алюмінію, а додатний – пресований сульфід заліза та графіт. Електроди в цій комірці залишаються в твердому стані (на відміну від попереднього), і здатні працювати при температурі до 873К. Питома енергія акумулятору складає 180 Вт\*год./кг. На відміну від перших, другий тип здатен витримати 700 циклів заряду, що значно підвищує час експлуатації зонду.

Всі ці технології є експериментальними, і знайшли своє використання лише в ядерній енергетиці через те, що вимагають підтримання високої робочої температури. Використання ж їх в умовах венеріанської поверхні викреслить цей недолік та дозволить повністю розкрити потенціал такого типу батарей.

### Список використаних джерел

- 1) Garvin, J. B. (n.d.). Revealing the Mysteries of Venus: The DAVINCI Mission. IOPscience. Retrieved October 8, 2022, from <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/PSJ/ac63c2>
- 2) Jenner, L. A. (2022, January 31). NASA to Explore Fate of Earth’s Mysterious Twin with Goddard DAVINCI+. NASA. Retrieved October 8, 2022, from <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2021/nasa-to-exploredivergent-fate-of-earth-s-mysterious-twin-with-goddard-sdavinci/>
- 3) Just a moment. . . (n.d.). Retrieved October 8, 2022, from <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/sodiumsulfur-battery>
- 4) Venus Fact Sheet. (n.d.). Retrieved October 8, 2022, from <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/venusfact.html>

*М.С. Єгоров, аспірант, С.Г. Бондаренко, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
[ehorov.mykola@gmail.com](mailto:ehorov.mykola@gmail.com)*

## **МОДЕЛЮВАННЯ ТВЕРДОПАЛИВНИХ РАКЕТНИХ ДВИГУНІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВНУТРІШНІХ БАЛІСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК**

Анотація: Дослідження внутрішніх балістичних характеристик твердопаливних ракетних двигунів шляхом моделювання. Exploring the internal ballistic characteristics of solid rocket motors through modeling.

Ключові слова: твердопаливні ракетні двигуни, внутрішні балістичні характеристики, методи моделювання, математичні моделі. Solid rocket engines, internal ballistic characteristics, modeling methods, mathematical models

Освоєння космосу завжди було захоплюючою темою для вчених і дослідників. Одним із найважливіших аспектів космічної техніки є розробка ефективних рухових систем. Твердопаливні ракетні двигуни є однією з найбільш часто використовуваних силових установок для космічних апаратів завдяки своїй простоті та надійності. Поговоримо про використання методів моделювання для дослідження внутрішніх балістичних характеристик твердопаливних ракетних двигунів.

Методи моделювання широко використовувалися в галузі ракетних двигунів для прогнозування характеристик і оптимізації конструкції твердопаливних ракетних двигунів. Однією з головних переваг моделювання є те, що воно дозволяє дослідникам досліджувати внутрішні балістичні характеристики ракетних двигунів без необхідності використання дорогих експериментальних установок [1]. Процес моделювання передбачає використання математичних моделей для моделювання поведінки твердопаливних ракетних двигунів у різних умовах експлуатації.

Внутрішні балістичні характеристики твердопаливних ракетних двигунів стосуються поведінки палива всередині двигуна, що включає процес згоряння, розподіл тиску та температури, а також генерування тяги. Методи моделювання можна використовувати для дослідження цих характеристик шляхом імітації процесу згоряння та аналізу розподілу тиску та температури всередині двигуна.

Точність результатів моделювання залежить від складності та точності використовуваних математичних моделей. Моделі повинні враховувати різні фактори, такі як кінетика хімічної реакції палива, динаміка потоку всередині двигуна та теплообмін між паливом і стінками двигуна. Ці моделі можна розробити за допомогою методів обчислювальної гідродинаміки (CFD) і аналізу кінцевих елементів (FEA) [2].

Результати, отримані за допомогою методів моделювання, можуть дати цінну інформацію про характеристики та ефективність твердопаливних ракетних двигунів. Ці моделі можна використовувати для оптимізації конструкції ракетних двигунів, прогнозування поведінки двигуна в різних умовах експлуатації та дослідження впливу різних параметрів, таких як склад палива, геометрія заряду і конструкція сопла, на внутрішні балістичні характеристики.

Підсумовуючи, методи моделювання забезпечують економічно ефективний спосіб дослідження внутрішніх балістичних характеристик твердопаливних ракетних двигунів. Результати, отримані в результаті моделювання, можуть допомогти дослідникам оптимізувати конструкцію ракетних двигунів і підвищити продуктивність і ефективність космічних апаратів [3].

### **Список використаних джерел**

1. J.M. Serafini and L. De Luca, "A numerical model for the prediction of solid rocket internal ballistic, "Aerospace Science and Technology", vol. 61, pp. 81-90, 2017.
2. C. Pan, X. Liu and Q. Liu, "Simulation of solid rocket internal ballistic characteristics based on CFD and FEA," Chinese Journal of Aeronautics", vol. 33, pp. 244-253, 2020.
3. Y. Zheng, Z. Yuan and J. Zhang, "Numerical study on the influence of charge geometry on solid rocket motor performance," Acta Astronautica", vol. 160, pp. 493-503, 2019.



*В.В. Слюсарев, аспірант, В.Л. Бучарський, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
[slusarev.vv98@gmail.com](mailto:slusarev.vv98@gmail.com)*

## **МЕТОДИКА ОТРИМАННЯ АНАЛІТИЧНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ В ТЕПЛООБМІННИКАХ ТА КАМЕРАХ РРД**

Анотація: в роботі розглянуті нові методи розрахунку параметрів теплообміну.

Abstract: the paper discusses new approaches to calculating heat transfer parameters.

Ключові слова: РРД, теплообмінники, охолодження камери двигуна, LRE, heat exchangers, thrust chamber cooling

Розрахунок теплопередачі у вузла РРД є дуже трудомісткою задачею через суттєву взаємну залежність з іншими параметрами двигуна. Наприклад, за відсутності функціональної залежності параметрів теплообміну доводиться проводити декілька ітерацій розрахунків теплопередачі та енергетичного балансу двигуна [1].

На сьогоднішній день найбільшу популярність отримали підходи до розрахунку охолодження камери двигуна, суть яких полягає в розділенні тракту охолодження на кінцеву кількість перерізів, в яких дискретно визначаються параметри теплообміну. При цьому загальноприйнята методика Івлева для розрахунку конвективних теплових потоків у стінку камери базується на ітеративному підході до визначення параметрів теплообміну [2].

Такий метод розрахунку охолодження сформувався історично і на даний момент є застарілим, бо має ряд суттєвих недоліків, головні з яких залежність точності від кількості розрахункових ділянок і складність інтегрування отриманих результатів в системи для інших розрахунків параметрів РРД. Крім того даний підхід не дає можливості для використання сучасного потенціалу систем комп'ютерної алгебри.

В роботі описано процес отримання аналітичних залежностей процесів теплообміну простого тракту охолодження камери двигуна, а саме: вибір контрольного об'єму, що відповідає нескінченно малій ділянці тракту охолодження, визначення фізичних законів, які виконуються на границях контрольного об'єму та запис відповідних рівнянь, перехід до інтегральних співвідношень, задання вихідних параметрів теплообміну явними функціями координати, отримання кінцевих залежностей за допомогою алгебраїчних перетворень [3].

### **Список використаних джерел:**

1. Добровольский М.В. Жидкостные ракетные двигатели. М.: Машиностроение, 1968., 395 с.
2. Основы теории и расчета жидкостных ракетных двигателей. В 2 кн. /А.П. Васильев, В.М. Кудрявцев, А.В. Кузнецов и др.; под ред. В.М. Кудрявцева. -4-е изд., перераб. И доп.-М.: Высш. шк., 1993 - 368 с.
3. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. М.: Энергия, 1977 – 344с.

*М.А. Солтановський, аспірант, Г.М. Колоскова, к.т.н., доцент  
Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського,  
«Харківський авіаційний інститут»  
[msoltanovskiy@gmail.com](mailto:msoltanovskiy@gmail.com)*

## **ПРОГРАМНИЙ РОЗРАХУНОК ПРОТОЧНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ КАМЕРИ РІДИННОГО РАКЕТНОГО ДВИГУНА**

Рідинні ракетні двигуни призначені для доставки у космічний простір корисних вантажів. Розробка нових ракетних двигунів потребує значного часу експериментального відпрацювання. Це пов'язано з тим, що фізичні процеси, які приводять до несталості горіння, надзвичайно складні та мало вивчені. З таких причин пошук оптимального проточного охолодження виконувався головним чином емпіричним шляхом під час проведення стендових випробувань натурних конструкцій на натурних режимах роботи двигуна. Але успішне розв'язання задачі забезпечення сталості горіння при доводці двигуна одної розмірності не гарантує позитивного розв'язання цієї задачі при доводці двигунів іншої розмірності. Таким чином головною проблемою у розв'язанні цієї задачі є вибір для камери згоряння заданої розмірності та з заданими характеристиками оптимального варіанту системи охолодження.

Для вирішення цієї проблеми було створено програмний продукт в якому використовуються різні методики розрахунку систем охолодження, які дозволяють максимально близько розрахувати потрібні нам геометричні характеристики через величину коефіцієнта тепловіддачі в охолоджувач. За допомогою даної програми було проведено порівняння перевірного розрахунку охолодження, що являє собою одну з основних частин розрахунку рідинного двигуна. Розрахунок охолодження ведеться для різних матеріалів газової стінки, при сталих геометричних характеристиках двигуна та спираючись на отриманий графік температур відносно максимально можливої температури газової стінки проводиться порівняльний аналіз ефективності охолодження камери

У роботі для конструювання внутрішньої стінки камери було розглянуто використання сплавів алюмінію, міді, титану та нержавіючої сталі. Провівши розрахунки і проаналізувавши графіки температур для кожного з матеріалів, дійшли висновку, що при використанні розглянутих матеріалів доведеться робити наплення із цираконію та/або додавати регенеративне охолодження, тим самим ускладнюючи технологічність змешувальної головки. Це приведе до збільшення маси двигуна і вартості виробництва.

Завдяки простоті у використанні, гнучкості і низькому порогу входження у програмному додатку, змінивши декілька геометричних сталих, можна автоматично перерахувати будь яку частину розрахунків. Це дозволить нам швидко отримати дані для аналізу і порівняння підібраних матеріалів, чи геометричних характеристик того чи іншого компонента. Також опираючись на отримані дані можна провести аналіз доцільності використання розглянутих матеріалів, а також оцінити економічність і технологічність їх використання.

*Є. В. Спiрiн, начальник груп.; В. М. Надтока, к.т.н., начальник вiддiлу  
Державне підприємство*

*«Конструкторське бюро «Пiвденне» iм. М.К. Янгеля»*

*[spiegodn@gmail.com](mailto:spiegodn@gmail.com)*

## **ЕЛЕКТРОРЕАКТИВНИЙ ДВИГУН МАЛОЇ ТЯГИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОДУГОВОГО РОЗРЯДУ.**

**Анотація.** Проведено аналіз сучасного світового досвіду використання існуючих та створення перспективних електрореактивних двигунів на металевій плазмі (ЕРДМП). Розглянуті технічні характеристики ЕРДМП, визначені основні проблеми, які обмежують їх використання, та проведено пошук шляхів вирішення проблем використання ЕРДМП.

Результатом проведеного дослідження, є визначення перспективної конструкції ЕРДМП, яка дозволить створити ЕРДМП з підвищеними технічними характеристиками.

**Ключові слова:** електрореактивний двигун на металевій плазмі, вакуумно дуговий двигун, рушійна установка.

**Annotation.** An analysis of modern world experience in using existing and creating promising vacuum arc thrusters (VAT) was carried out. The technical characteristics of VAT were considered, the main problems that limit their use were identified, and a search was made for ways to solve the problems of using VAT.

The result of the conducted research is the determination of the perspective design of the electric jet engine, which will allow to create VAT, with increased technician characteristics.

**Keywords:** electric jet driver on metal plasma, vacuum arc thruster, propulsion system.

Дослідження з використання вакуумно-дугових двигунів розпочинались ще в 60-х роках минулого сторіччя, але деякі обмеження, наприклад великі розрядні токи, що призводять до підвищення температури конструкційних елементів, та необхідність в потужних джерелах живлення, призвели к швидкому згортанню цих робіт, та використанню електрореактивних двигунів лише для мікро- та нано-супутників.

Метою дослідження є створення концептуального вигляду електрореактивного двигуна на металевій плазмі та визначення шляхів подальшого розвитку проекту.

Авторами була розроблена конструкція перспективного ЕРДМП, систем живлення та керування. Були розраховані тяга та інші характеристики двигуна. Проведено порівняння з відомими існуючими аналогами. Окресленні принципові шляхи підвищення технічних характеристик ЕРДМП.

В результаті проведених робіт було створено технічний облік перспективного ЕРДМП, визначені шляхи подальшого розвитку проекту та підготовлено базу для створення експериментального зразка ЕРДМП.

### **Список використаних джерел**

1. M. Krishnan, K. Velas, S. Leemans. Metal Plasma Thruster for Small Satellites. Alameda Applied Sciences Corporation, Journal for Propulsion and Power, vol. 36, No. 4, July-August 2020.

2. J. Schein, N. Qi, R. Binder, and M. Krishnan. Vacuum Arc Thruster for Small Satellite Applications: Final Report. Technical Report aasc01TM-22, Alameda Applied Sciences Corporation, San Leandro, CA, 2001.

3. J. Polk, M. Sekerak, J. Ziemer, J. Schein, N. Qi and A. Anders. A Theoretical Analysis of Vacuum Arc Thruster and Vacuum Arc Ion Thruster Performance. IEEE Trans. Plasma Sci., 36(5), 2167–2179 (2008).

*В. В. Столярчук, аспірант<sup>1</sup>, інженер-випробувач<sup>2</sup>, О. Є. Золотько, к.т.н., доцент<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup> Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

*<sup>2</sup> Державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне»» імені М. К. Янгеля  
[vitaliy.stolyarchuk@gmail.com](mailto:vitaliy.stolyarchuk@gmail.com)*

## МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРЯМОТОЧНОГО ПОВІТРЯНО-РЕАКТИВНОГО ДЕТОНАЦІЙНОГО ДВИГУНА.

**Анотація:** Предметом дослідження є моделювання процесів, які відбуваються у прямооточному повітряно-реактивному двигуні з детонаційним перетворенням хімічної енергії робочого тіла у кінетичну енергію реактивного струменя. Метою роботи є отримання результатів досліджень газодинамічних та теплових процесів в прямооточній повітряно-реактивній детонаційній камері з аеродинамічним клапаном. Одним з інструментів вирішення такої задачі є метод чисельного експерименту з використанням технологій математичного моделювання.

**Ключові слова:** детонаційні процеси; прямооточний повітряно-реактивний детонаційний двигун; аеродинамічний клапан; вхідний пристрій; математична модель, число Маха.

**Abstract:** The subject of the study is the modeling of processes occurring in a direct-current jet engine with detonation conversion of the chemical energy of the working body into the kinetic energy of the jet. The purpose of the work is to obtain the results of the study of gas-dynamic and thermal processes in a direct-flow air-jet detonation chamber with an aerodynamic valve. One of the tools for solving such a problem is the method of a numerical experiment with the complex use of mathematical modeling technologies.

**Key words:** detonation processes; direct-flow air-jet detonation engine; aerodynamic valve; input device; mathematical model, Mach number.

При надвисокій швидкості виділення енергії при детонаційному згорянні компонентів палива суттєво збільшуються тягові та імпульсні характеристики двигуна, створюються передумови для спрощення його конструкції, зменшення габаритів та маси, що дозволяє досягти конструктивну досконалість детонаційних двигунних установок. Метою роботи є отримання результатів досліджень визначальних характеристик: розробка математичних моделей кінетики газодинамічних та теплових процесів у камері детонаційного горіння з аеродинамічним клапаном та урахуванням складу, властивостей газу у робочому середовищі камери; моделюванні робочих процесів, які відбуваються в проточній частині двигуна; дослідження механізму автоколивань в камері на основі кінематичних закономірностей руху газів; розробка методів експериментальних вимірювань детонаційних потоків для перевірки розрахункових моделей; вдосконалення інженерної методики розрахунку камер детонаційного горіння з аеродинамічним клапаном прямооточного повітряно-реактивного двигуна на задану потужність.

На підставі результатів проведених теоретичних та експериментальних досліджень запропоновано інженерний метод розрахунку камер, запропоновані математичні моделі газодинамічних та теплових процесів у камері детонаційного горіння з аеродинамічним клапаном, що враховують співвідношення витрат повітря та палива, дозволяють визначити властивості та склад продуктів згорання. Отримані розрахункові рівняння для визначення частоти коливань у камері детонаційного

горіння з урахуванням аеродинамічного клапана, розроблено метод розрахунку кінетики газодинамічних та теплових процесів у камері детонаційного горіння залежно від коефіцієнта надлишку повітря, що регулюється аеродинамічним клапаном. Експериментальні дані використовуються для перевірки двовимірної моделі, яка, у свою чергу, забезпечує основу для оцінки продуктивності зменшеної одновимірної моделі. Було визначено що чим вищий тиск у керованій системі, тим більший вільний об'єм, тим швидша швидкість регулювання приводу, і тим більше регулювання потоку газу. Порівнюючи зміни положення фронту полум'я в умовах різних відстаней впорскування було визначено, що за тієї самої схеми впорскування, але різних конфігурацій порожнини, положення фронту полум'я має ту саму тенденцію, що й зміна в коефіцієнти еквівалентності, де межа бідного продуву в камері згоряння, коли умова впорскування на коротку відстань досягає стану майже продувки, це пов'язано з тим, що запалювання в порожнині є більшим, ніж стабілізація полум'я в камері згоряння, що пов'язано з потужністю розряду запальника та середовищем поля потоку всередині порожнини. Експериментальні дослідження характеристик детонаційних двигунів є актуальними та передбачають створення спеціалізованої лабораторії й вогневих випробувальних стендів для швидкого впровадження новітніх технологій у ракетно-космічну галузь.

#### Список використаних джерел

- 1) Tian, S.; Duan, Y.; Chen, H. Numerical Investigation on Aerodynamic Characteristics of an Active Jets-Matrix Serving as Pitch Control Surface. *Aerospace* 2022, 9, 575. <https://doi.org/10.3390/aerospace9100575>
- 2) Chen, Y.; Wang, S.; Liu, W. Data-Driven Transition Models for Aeronautical Flows with a High-Order Numerical Method. *Aerospace* 2022, 9, 578. <https://doi.org/10.3390/aerospace9100578>
- 3) Curran. D.; Wheatley V.; Smart M.. High Mach Number Operation of Accelerator Scramjet Engine. Published by the American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., with permission. Published Online:2 Jan 2023 <https://doi.org/10.2514/1.A35511>
- 4) Сосновська О. В.; Золотько О. Є.; Золотько О. В.; Столярчук В.В.. Ежекторний детонаційний двигун на екологічно чистих компонентах палива. *Aerospace technic and technology*. 2021-08-27/doi: 10.32620/aktt.2021.4.03

*М.В. Таран, В.Г. Мороз*  
*Державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне» ім. М.К. Янгеля»*  
[mayatikhaya@ukr.net](mailto:mayatikhaya@ukr.net)

## **ВИКОРИСТАННЯ ЕФЕКТУ ЕРОЗІЙНОГО ГОРІННЯ ДЛЯ ДОСЯГНЕННЯ НЕОБХІДНОГО РІВНЯ ВИТРАТО-ТЯГОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК**

Анотація: Горіння, при якому зростає швидкість потоку продуктів згорання супроводжується помітним збільшенням швидкості горіння палива, називають ерозійним. Ефект ерозійного горіння суттєво впливає на параметри двигуна.

Annotation: Burning, in which the increase in the flow rate of combustion products is accompanied by a noticeable increase in the fuel burning rate, is called erosive. The effect of erosive burning significantly affects the engine parameters.

Ключові слова: ерозійне горіння, твердопаливний двигун, внутрішньобалістичні характеристики.

Keywords: erosive burning, solid propellant motor, intraballistic parameters.

Високі вимоги по рівню витрато-тягових характеристик, що висуваються до сучасних твердопаливних двигунів, в умовах жорстких масово-габаритних обмежень потребують високого рівня заповнення камери згорання твердим паливом. При цьому в процесі горіння заряду часто реалізується режим «ерозійного» горіння (збільшення швидкості горіння з ростом швидкості потоку продуктів згорання твердого палива в каналі заряду). Вказаний режим може відігравати як негативну (нерозрахункове підвищення тиску в камері), так і позитивну роль (наприклад, збільшення тягоозброєності під час старту виробу). Дане явище характерне для маршових двигунів ракет різного призначення (РСЗВ, ЗУР, тактичні і авіаційні, стартово-розгінні ступені).

Відомі сучасні моделі ерозійного горіння так або інакше включають в себе ряд параметрів, для визначення яких необхідно проведення експериментальних досліджень. При цьому, результати випробувань на малогабаритних моделях вимагають обґрунтування під час переносу їх на натурні виробу.

Розроблена методика розрахунку витрато-тягових характеристик твердопаливного двигуна за наявності ерозійного горіння, що дозволяє моделювати горіння для достатньо великого ряду зарядів, що використовуються на практиці. Застосування даної методики дозволило визначити емпіричні параметри для моделей ерозійного горіння з різних джерел за результатами випробувань натурального твердопаливного двигуна. Вибір значень параметрів проводився шляхом порівняння розрахункової і експериментальної діаграм витрато-тягових характеристик. Запропонована методика показала достатню для практичного використання точність прогнозування.

Отримані під час обробки випробувань результати були використані для розрахунків витрато-тягових характеристик нового виробу. Це дозволило на етапі проєктування підвищити точність прогнозування параметрів і оптимізувати конструкцію заряду твердого палива і двигуна.

За наявності достатнього досвіду та результатів випробувань, запропонована методика дає можливість використовувати «керований» ерозійний ефект для забезпечення необхідних внутрішньобалістичних характеристик двигуна.

### Список використаних джерел

1. Архипов В.А. Эрозионное горение конденсированных систем. Сборник трудов IX всероссийской научной конференции 2016 г. (ФППСМ-2016) – Томск, 2016, с. 3-5.
2. H.S. Mukunda, P.J.Paul Universal behaviour in erosive burning of solid propellants. Combustion and flame , 1997, с.224-236.
3. Евланова О.А., Евланов А.А., Николаева Е.В. Идентификация параметров эрозионного горения топлива по данным огневых стендовых испытаний. Известия ТулГУ. Технические науки. 2014, вып. 12, ч. 1, с. 64-69.



# **ДИНАМІКА, БАЛІСТИКА ТА УПРАВЛІННЯ РУХОМ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

**Дронь Микола Михайлович**

доктор технічних наук, професор

**Хорошилов Віктор Сергійович**

доктор технічних наук, професор

**Серета Владислав Олександрович**

доктор технічних наук, доцент

*А.О. Абатуров, аспірант, Пророка В.А, аспірант  
Дніпровський національний університет ім. Олеса Гончара  
[abaturov.anatolii11@gmail.com](mailto:abaturov.anatolii11@gmail.com)*

## **ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СУБОРБІТАЛЬНИХ РАКЕТ ДЛЯ ВИВЕДЕННЯ СИСТЕМ ВІДВЕДЕННЯ КОСМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ З НИЗЬКИХ НАВКОЛОЗЕМНИХ ОРБИТ**

Ключові слова: система відведення, суборбітальна ракета-носії, космічне сміття

Активна космічна діяльність призвела до значного збільшення кількості об'єктів космічного сміття (КС) на орбіті Землі. За останні 3 роки кількість КС збільшилась більше ніж на 16% [1]. Це становить значну небезпеку для супутників та ракет-носіїв.

Існує два можливих шляхи використання суборбітальних ракет-носіїв (СРН) для боротьби з космічним сміттям. Перший припускає встановлення на СРН додаткових ступенів, та їх розгін до швидкостей, співставних зі швидкістю руху об'єктів космічного сміття, що необхідно прибрати. Для такого варіанту використання СРН можливе застосування парусних систем, електродинамічних тросових систем [2], систем для дистанційного гальмування об'єкта з використанням спрямованого іонного і лазерного випромінювання [3]. Інший спосіб полягає у вертикальному виведенні системи вводу у шар космічного сміття, розташованого на низьких навколоземних орбітах. Такий варіант передбачає застосування пасивних систем відведення, побудованих на принципі виведення та утримання у шарі космічного сміття певної перепони на шляху руху об'єктів КС. При зіткненні з перепорою об'єкти КС втрачатимуть свою швидкість і переходитимуть на нижчі орбіти, де їх час існування значно знизуватиметься. Однак, цей метод має суттєві труднощі, пов'язані з великою різницею у швидкості між системою відведення та об'єктами КС, що становить понад 7,5 км/с. Така система відведення повинна мати досить великі розміри, що потребуватиме значної маси та/або високих механічних характеристик.

Загалом, використання суборбітальних ракет для виведення систем відведення космічних об'єктів має потенціал для вивчення, але потребує подальших досліджень і розробок.

### **Список використаних джерел**

1. Orbital Debris Quarterly News JSC Houston. – 2022 Vol. 26, - P. 10.
2. Olivieri, Lorenzo & Valmorbida, Andrea & Sarego, Giulia & Lungavia, Enrico & Vertuani, Davide & Lorenzini, Enrico. (2020). Test of Tethered Deorbiting of Space Debris. *Advances in Astronautics Science and Technology*. 3. 10.1007/s42423-020-00068-9.
3. Khoroshylov, S. Out-of-plane relative control of an ion beam shepherd satellite using yaw attitude deviations [Text] / S. Khoroshylov // *Acta Astronautica*. – 2019. – № 164. – P. 254-261. DOI: 10.1016/j.actaastro.2019.08.016.

*О.Р. Акішєв, студент, Т.В. Лабуткіна, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[bioparox76@gmail.com](mailto:bioparox76@gmail.com)*

## **СЕАНСИ КОМБІНОВАНИХ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ОРБІТАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА СХЕМОЮ «СПОСТЕРЕЖЕННЯ СПОСТЕРІГАЧА», МЕТОД ЇХ ПЛАНУВАННЯ**

Запропоновано метод планування сеансів чергових спостереження за схемою «спостереження спостерігача» (для двох з можливих модифікацій цієї схеми). В таких сеансах космічний апарат, на якому встановлений пристрій спостереження, сам стає об'єктом спостережень. Планування реалізується при заданій множині об'єктів спостереження, множені орбітальних пристроїв спостереження (встановлених на космічних апаратах-спостерігачах) та множині наземних пристроїв спостереження (антен наземних станцій).

A method of planning duty observation sessions according to the "observation of an observer" scheme (for two of the possible modifications of this scheme) is proposed. In such sessions, a space vehicles, on which the observation device is installed, itself becomes the object of observation. Planning is implemented with a given set of observation objects, a set of orbital observation devices (installed on space observation vehicles) and a set of ground observation devices (antennas of ground stations).

**Ключові слова:** орбітальні об'єкти, чергове спостереження орбітальних об'єктів, засоби спостереження наземного і орбітального базування, гібридні засоби спостереження, спостереження за схемою «спостереження спостерігача», планування

**Key words:** orbital objects, duty observation of orbital objects, ground- and orbital-based observation means, hybrid observation means, the observation according to the "observer observation" scheme, planning

Збільшення на навколосемних орбітах об'єктів різного типу (космічного сміття та космічних апаратів, кількість яких в останні роки стрімко зростає) призводить до необхідності контролювати цю множин. У тому числі необхідно вести її спостереження задля підтримання актуальної інформації про склад цієї множини, параметри орбітального руху і фізичні параметри каталогізованих орбітальних об'єктів та отримання зовнішньої інформації стосовно функціонування космічних апаратів. Сучасні тренди вирішення цього завдання передбачають комплексне використання наземних і орбітальних засобів спостереження (пристроїв наземних станцій і пристроїв, встановлених на космічних апаратах, відповідно), застосування різних підходів до реалізації чергових та видових спостережень, оптичних та радіолокаційних. Зокрема, для засобів чергового спостереження (під час сеансу чергового спостереження засіб спостереження спрямований на об'єкт спостереження і супроводжує його) пропонується реалізовувати сеанс спостереження як окремим пристроєм спостереження (наземного або орбітального базування), так і комплексне, високо синхронізоване та злагоджене застосування наземних і орбітальних пристроїв задля спостереження ними одного орбітального об'єкту як єдиним складовим гібридним пристроєм [1]. В роботах [2,3] представлені деякі різновиди реалізації сеансів комбінованих спостережень за схемою «спостереження спостерігача», згідно якої космічний апарат, який реалізує сеанси спостереження, сам стає об'єктом спостереження.

В даній роботі представлений метод планування одного з видів сеансів спостереження, реалізованих за схемою «спостереження спостерігача». Зокрема в ході сеансу реалізуються такі синхронізовані і злагожені спостереження:

1) спостереження орбітального об'єкту гібридним засобом спостереження (об'єкт спостерігають один пристрій наземної станції і один пристрій, встановлений на космічному апараті, які знаходяться в зоні спостереження цієї наземної станції);

2) спостереження орбітального об'єкту ведеться пристроєм, встановленим на космічному апараті, який не входить до складу гібридного орбітального засобу, але сам знаходиться в зоні доступності до спостережень з тої ж наземної станції, засіб якої входить до гібридного засобу;

3) космічний апарат-спостерігач, який реалізує описане у другому пункті елементарне орбітальне спостереження орбітального об'єкту, сам спостерігається з наземної станції, названої у першому пункті, але спостерігається засобом, відмінним від засобу, який входить до складового гібридного засобу спостереження. При плануванні задана множина орбітальних об'єктів, множина космічних апаратів-спостерігачів (які самі теж розглядаються як об'єкти спостереження), кількість пристроїв спостереження на кожному космічному апараті, множина наземних станцій і кількість пристроїв спостереження у кожній з них.

Планування передбачає, по-перше, визначення підмножини об'єктів і підмножини космічних апаратів, доступних до спостереження з наземних станцій. По-друге, для тих орбітальних і космічних апаратів, для яких є перекриття інтервалів доступності до спостереження з наземної станції, визначаються інтервали доступності до реалізації інших елементарних сеансів спостереження, перекриття цих інтервалів та умови реалізації сеансів спостережень більш високих рівнів ієрархії (гібридних і комбінованих). На основі цієї інформації за критеріями планування на кожному кроці неітеративного планування обирається склад кожної групи спостереження.

### Список використаних джерел

1. Лабуткіна Т.В., Хлапоніна А.В., Акіншев О.Р. Концепція системи з наземними і орбітальними засобами спостереження орбітальних об'єктів: стратегії використання засобів. // *Multidisciplinary academic notes. Theory, methodology and practice. Proceedings of the XVII International Scientific and Practical Conference. Tokyo, Japan. 2022. Pp. 1060-1069* URL: <https://isg-konf.com/multidisciplinary-academic-notes-theory-methodology-and-practice/>

2. Лабуткіна Т.В., Акіншев О.Р. Сеанси спостереження орбітальних об'єктів за схемою «спостереження спостерігача» із застосуванням наземних і орбітальних засобів // *Actual problems of learning and teaching methods. Proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference. Vienna, Austria. 2022. Pp. 489-498* <https://isg-konf.com/actual-problems-of-learning-and-teaching-methods/>

3. Акіншев О.Р., Лабуткіна Т.В. Гібридний засіб спостереження орбітальних об'єктів, складений з наземного і орбітального засобів, доповнений спостереженням орбітального спостерігача. // *Тези XXIV Міжнародної молодіжної науково-практичної конференції «Людина і космос», 25-27 травня 2022 (13-15квітня 2022), Дніпро, Україна. – С.106.* [https://spacehuman.org/\\_files/doc/sbornik2022.pdf](https://spacehuman.org/_files/doc/sbornik2022.pdf)

*А.С. Александров, аспірант, В.В. Авдєєв, д.т.н., професор  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
[aleksandrov@fif.dnu.edu.ua](mailto:aleksandrov@fif.dnu.edu.ua)*

## **ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МОДЕЛІ СИСТЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИБОРІВ**

Анотація: динамічні характеристики системи об'єкт керування і регулятор залежать від вибору закону регулювання, який впливає на точність стабілізації, швидкодюю та запас стійкості. Визначається номінальними значеннями параметрів математичної моделі процесу стабілізації та його пріоритетним показником. Через відхилення параметрів виникає потреба у розробці алгоритмів уточнення.

Ключові слова: стабілізація руху, закон регулювання, алгоритм уточнення параметрів моделі.

Abstract: the dynamic characteristics of the system, the control object, and the regulator depend on the choice of the regulation law, which affects the accuracy of stabilization, the speed of operation, and the margin of stability. It is determined by the nominal values of the parameters of the mathematical model of the stabilization process and its priority indicator. Due to the deviation of the parameters, there is a need to develop refinement algorithms.

Keywords: motion stabilization, regulation law, algorithm for specifying model parameters.

Параметри математичної моделі системи стабілізації (СС) руху ракети в процесі польоту можуть мати відхилення від номінальних величин до десятків відсотків, оскільки вони залежать від відомих з певною похибкою поточних координат центру мас ракети і точки прикладання рівнодіючої аеродинамічних сил, моменту інерції, градієнта кермового зусилля, аеродинамічних характеристик, параметрів траскторії та інших факторів.

Для підвищення ефективності формування закону регулювання (ЗР) з погляду таких показників як точність стабілізації, швидкодюя, запас стійкості наприклад, методами модального управління або автоматичного конструювання регуляторів необхідні алгоритми уточнення коефіцієнтів диференціальних рівнянь – параметрів математичної моделі СС у реальному часі, використовуючи сигнали пристроїв вимірювання кінематичних характеристик та можливості бортових обчислювальних машин.

Роботи, присвячені стабілізації руху літальних апаратів, переважно направлені на створення алгоритмів забезпечення програмного руху з урахуванням невизначеності його параметрів, тоді як задача їх уточнення виходячи із даних вимірювальних пристроїв СС в доступних джерелах не знайшла належної уваги [1-3].

Зменшення відхилень фактичних параметрів моделі системи від номінальних, на підставі яких формується ЗР, підвищує його ефективність з погляду названих вище показників і є одним із факторів для обґрунтування вимог до потужності і швидкодії виконавчого пристрою [4].

У даній роботі [5] запропонований алгоритм уточнення чотирьох параметрів математичної моделі збуреного руху ракети у площині нишпорення шляхом рішення в процесі польоту системи із п'яти алгебраїчних рівнянь, в які входять поточні дані вимірювальних пристроїв і результати моделювання процесу компенсації збурень.

Алгоритм перевірений на моделі збуреного руху ракети у площині нишпорення – системі диференційних рівнянь п'ятого порядку з постійними в околі певної точки траєкторії параметрами, чотири з яких можуть мати значні відхилення від номінальних величин.

Новизна роботи полягає у використанні для уточнення параметрів моделі збуреного руху інтегральної оцінки відстані між траєкторіями на фазовій площині, які є функціями сигналів вимірювальних пристроїв і результатів моделювання з врахуванням тільки постійної складової збурення.

Практичне значення в тому, що можливість уточнення параметрів моделі у реальному часі є одним із факторів, на підставі яких в процесі розробки системи визначаються вимоги до точності стабілізації і запасу стійкості.

### Список використаних джерел

1. Thakur D., Srikant S., Akella M. Adaptive attitude-tracking control of spacecraft with uncertain time-varying inertia parameters. *Journal of guidance, control, and dynamics*. 2015. 38, N 1. P. 41–52. DOI: 10.2514/1.G000457
2. Su Y., Zheng C. Simple nonlinear proportional-derivative control for global finite-time stabilization of spacecraft. *Journal of guidance, control, and dynamics*. 2015. 38, N 1. P. 173–178. <https://doi.org/10.2514/1.G000467>
3. Li M., Hou M., Yin C. Adaptive attitude stabilization control design for spacecraft under physical limitations. *Journal of guidance, control, and dynamics*. 2016. 39, N 9. P. 2179–2183. DOI: 10.2514/1.G000348
4. Александров А.С., Авдеев В.В. Параметры модели системы стабилизации обрталного руху ракети / Тези доповіді 24-ї міжнародної молодіжної науково-практичної конференції «Людина і космос», квітень 2022 р., електронна версія. С. 53.
5. В.В. Авдеев. Определение параметров модели системы стабилизации ракеты в процессе полета. *Международный научно-технический журнал «Проблемы управления и информатики»*. 2021. № 6. С. 78–92.

*Р.В. Ананко, аспірант, Т.В. Лабуткіна, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[sa9in1@gmail.com](mailto:sa9in1@gmail.com)*

## **БАЛІСТИЧНІ АСПЕКТИ РЕАЛІЗАЦІЇ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ОРБІТАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ СКЛАДОВИМИ ЗАСОБАМИ ОРБІТАЛЬНОГО БАЗУВАННЯ ЗА СХЕМОЮ «ОДИН ОБ'ЄКТ – К ЗАСОБІВ»**

Представлені результати вивчення балістичних аспектів реалізації сеансів спостережень орбітальних об'єктів орбітальними засобами за схемою «один об'єкт – к засобів» (балістичні умови застосування складового пристрою спостережень, до якого входять k елементарних пристроїв). Для збільшення інформативності розрахункових експериментів розглянута множина космічних апаратів, що несуть складові засоби, як супутникова система з регулярною структурою угруповання.

The results of the study of the ballistic aspects of the realization of sessions of observations of orbital objects by orbital means according to the "one object - k means" scheme (ballistic conditions of application of a component observation device, which includes k elementary devices) are presented. In order to increase information from computational experiments, a set of spacecraft that carry component means, as a satellite system with a regular grouping structure, is considered.

**Ключові слова:** орбітальні засоби спостереження орбітальних об'єктів, сеанси спостережень за схемою «один об'єкт – к засобів», орбітальні параметри, балістичні умови реалізації спостережень.

**Keywords:** orbital means of observing orbital objects, observation sessions according to the "one object - k means" scheme, orbital parameters, ballistic conditions for observing.

У навколосемному космосі все більш активно впроваджуються різноманітні космічні технології, множина космічних апаратів на навколосемних орбітах стає засобом вирішення завдань різної спрямованості. Тому актуальні задачі різноманітних за метою реалізації спостережень орбітальних об'єктів (космічних апаратів і об'єктів космічного сміття) [1,2]. Серед базових трендів розвитку систем спостереження орбітальних об'єктів – додавання до засобів спостереження, які мають наземне розташування і вже достатньо розвинуті і активно застосовані, засобів, що розміщені на навколосемних орбітах (пристроїв спостереження, встановлених на космічних апаратах) [2-5]. До складових розв'язку цієї задачі належить розвиток методу чергових спостережень, реалізованих орбітальними засобами за схемою «один об'єкт – к засобів» [4,5].

Ця робота присвячена вивченню балістичних аспектів реалізації сеансів спостережень за названою схемою (інакше – застосуванню складового пристрою спостереження до якого входять k елементарних пристроїв) за такими умовами: під час сеансу спостереження орбітальний об'єкт спостерігається угрупованням з k космічних апаратів; кожний з космічних апаратів використовує в сеансі спостереження тільки один з встановлених на ньому пристроїв спостереження; космічному апарату забезпечена стабільна кутова орієнтація відносно осей барицентричної орбітальної системи координат; кожному пристрою спостереження відповідає своя область простору, знаходження об'єкту в якій визначає можливість реалізації його спостереження (кожна з цих областей має віссю симетрії одну з осей

барицентричної орбітальної системи координат і спрямування у одну з двох частин простору, на яку він розділений площиною, перпендикулярної цієї вісі). Розглянуті інтервали доступності об'єктів до спостереження і умови реалізації спостереження описаним засобом при варіюванні кількості  $k$  елементарних засобів складового засобу спостереження (інакше – при варіюванні кількості космічних апаратів, які несуть ці засоби), та орбітальних параметрів космічних апаратів-носіїв засобів спостереження для різних генерацій множини об'єктів спостереження з варіюванням її параметрів. Для збільшення інформативності розрахункових експериментів розглянута множина космічних апаратів, які несуть складові засоби спостереження, як супутникової системи з регулярною структурою угруповання.

### Список використаних джерел

1. Андрєєв Ф.М. Основні тенденції світової космічної діяльності в інтересах національної безпеки та оборони. / Ф.М. Андрєєв, І.А. Беспалко, Д.М. Випорханюк, С.В. Ковбасюк // Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем: збірник наукових праць. Вип. 16 / Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова. – Житомир : ЖВІ, 2019. – С. 5-14. URL: <https://doi.org/10.46972/2076-1546.2019.16>
2. Ананко Р.В. Навколоземний космос, контрольований людством: системність підходів, глобальність рішень, система-спостерігач на навколоземних орбітах / Р.В. Ананко, Т.В. Лабуткіна // Друга науково-практична Інтернет-конференція «Космічні горизонти», третій етап конференції - «Космос для людства». Збірник тез, НЦАОМ, Дніпро, 1-3 грудня, 2022. – С. 33-43. URL: [https://spacehorizons.org.ua/uploads/source/archiv\\_2022\\_3/tezu\\_3\\_2022.pdf](https://spacehorizons.org.ua/uploads/source/archiv_2022_3/tezu_3_2022.pdf)
3. Mark R. Ackermann, Colonel Rex R. Kiziah, Peter C. Zimmer, John T. McGraw, David D A systematic examination of ground-based and space-based approaches to optical detection and tracking of satellites. // 31st Space Symposium, Technical Track, Colorado Springs, Colorado, United States of America Presented on April 14, 2015. - SAND2015-3726C.
4. Лабуткіна Т.В. Методи планування спостереження орбітальних об'єктів орбітальними засобами за схемою сеансу « один об'єкт -  $k$  засобів» / Т.В. Лабуткіна Р.В. Ананко // IV науково-практичної конференції «Аерокосмічні технології в Україні: проблеми та перспективи», Київ, 9 -10 вересня 2021 року. - С. -71-73. [https://spacenter.gov.ua/contents/uploads/2021/09/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%A2%D0%B5%D0%B7\\_4\\_%D0%9D%D0%9F%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%84.pdf](https://spacenter.gov.ua/contents/uploads/2021/09/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%A2%D0%B5%D0%B7_4_%D0%9D%D0%9F%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%84.pdf)
5. Ананко Р.В. Планування застосування системи пристроїв на множині об'єктів при схемі елементарної операції «один об'єкт –  $k$  пристроїв» / Р.В. Ананко, Т.В. Лабуткіна // Міжнародна науково-технічна конференція «Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні», Дніпро, 16 – 18 березня 2021 р. – Дніпро: НМетАУ, 2021. – С. 220-225. // DOI:10.34185/1991-7848.itmm.202101.02.



*О.В. Борцова, аспірант, інженер-програміст 2 кат,  
П.Г. Хорольський, к.т.н., провідний науковий співробітник  
ДП «Конструкторське бюро «Південне» імені М.К. Янгеля»  
[vdn\\_sbor@ukr.net](mailto:vdn_sbor@ukr.net), [khorolskiyPG@science.vuzhnoye.com](mailto:khorolskiyPG@science.vuzhnoye.com)*

## АЛГОРИТМІЧНА КОМПЕНСАЦІЯ ВИПАДКОВОГО ДРЕЙФУ НУЛЯ ДАТЧИКІВ КУТОВОЇ ШВИДКОСТІ СИСТЕМИ НАВІГАЦІЇ ПІД ЧАС ПОЛЬОТУ РАКЕТИ

**Анотація:** Оптимальне та ефективне рішення задач навігації в ракетній техніці забезпечується отриманням з достатньою точністю даних від чутливих елементів системи навігації. Великий вплив на підвищення точності параметрів навігації чинить можливість прогнозування величини випадкових похибок чутливих елементів.

У роботі розглядається питання прогнозування та компенсації випадкового дрейфу нуля датчиків кутової швидкості системи навігації під час польоту ракети.

**Ключові слова:** датчик кутових швидкостей, випадкових дрейф нуля

**Abstract:** For ideal and effective navigation task solution in rocket technology is necessary to provide the data from sensitive elements of navigation system with fair preciseness. A chance of predicted accidental bias of sensitive elements influences greatly increasing of navigation settings.

This work focuses on the question of prediction and compensation of in-run bias stability of angular-rate sensors during flight of rockets.

**Key words:** in-run bias stability, angular-rate sensor

Сучасні тенденції розвитку ракетно-космічної техніки передбачають зменшення габаритних, вагових та вартісних характеристик навігаційних приладів. Використання більш дешевих чутливих елементів призводить до збільшення похибок їх вимірювань. Таким чином, найкращим варіантом є використання таких чутливих елементів з алгоритмічною компенсацією похибок під час роботи системи навігації.

Найбільш істотний вплив на точнісні показники вимірювань чутливих елементів сучасних систем навігації має випадковий дрейф нуля чутливих елементів під час польоту ракети. Складність алгоритмічної компенсації даної похибки обумовлюється випадковим характером її зміни.

В даній роботі проводиться дослідження на базі даних, отриманих від навігаційного приладу, що складається з трьохосового датчика кутової швидкості. В роботі запропоновано один із можливих варіантів часткової компенсації випадкового дрейфу нуля датчиків кутової швидкості, що використовуються в системах навігації ракет.

### Список використаних джерел

1. Мелешко В.В., Нестеренко О.И. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы. Учебное пособие.—Кировоград: ПОЛИМЕД-Сервис, 2011.—164..
2. В.В. Матвеев, В.Я. Распопов Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем Под общ. Ред.. д. т. н. В.Я. Распопова. – СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2009. -280 с. ISBN 978-5-900780-73-3
3. Аврутов В.В. Испытания инерциальных приборов: Учебное пособие. – К.: НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского», 2016. – 205 с

*А.В. Димченко, аспірант, Д.С. Астахов, ст. викладач  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[bkwolf888@gmail.com](mailto:bkwolf888@gmail.com)*

## **ОПТИКО-ГІРОСКОПІЧНИЙ МОДУЛЬ ПРОСТОРОВОЇ СТАБІЛІЗАЦІЇ ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ**

Анотація. Розроблена модель системи керування положенням літального апарату з використанням оптичного інклінометра.

Annotation. A model of the aircraft position control system using an optical inclinometer has been developed.

Ключові слова: система стабілізації, керування, літальний апарат, оптичний інклінометр.

Keywords: stabilization system, control, aircraft, optical inclinometer.

В процесі польоту літального апарату виникають відхилення від заданої траєкторії польоту по тангажу та азимуту. Для компенсації цих відхилень використовують інерціальні системи керування. Складність використання таких систем полягає в присутності сильних завад від вібрацій та великих прискорень при роботі чутливих елементів, таких як гіроскопи, акселерометри, магнітометри. Тому виникає задача підвищення достовірності показників чутливих елементів. Для цього пропонується використовувати додатковий інформаційний канал про положення в просторі літального апарату. Наприклад, оптичний (лазерний) інклінометр. Для його використання треба вирішити низку задач. По-перше, стабілізувати положення інклінометру в процесі польоту. По-друге, розробити програмно-апаратний комплекс для вимірювання кутів відхилу від траєкторії та формуванню сигналів керування для виконуючого пристрою. Для рішення цих задач було розроблено гіростабілізаційний стенд, який дозволяє зафіксувати положення чутливого елемента інклінометру. А також вимірювати кути нахилу і порівнювати їх з показниками 3-х вісних магнітних датчиків, акселерометрів, та гіроскопів. Вдала реалізація оптичного інклінометру може підвищити точність позиціонування літального апарату в просторі під час польоту. І як наслідок, підвищити якість керування.

### **Список використаних джерел**

1. А.И. Баландин, М.И. Коптенков, К.О. Барышников, Е.В. Шаховцев. Малогабаритный волоконно-оптический гироскоп. Системный анализ, управление и обработка информации в космической отрасли. Лесной вестник 3/2015.
2. Шереметьев, А.Г. Волоконно-оптический гироскоп / А.Г. Шереметьев. – М.: Радио и связь, 1987.
3. Волоконно-оптические датчики. Вводный курс для инженеров и научных работников / ред. Э. Удда. – М.: Техносфера, 2008. – 520 с.

*О.Д. Легенков, аспірант, Т.В. Лабуткіна, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[1997legen@gmail.com](mailto:1997legen@gmail.com)*

## **ПРОГРАМНЕ ТИМЧАСОВЕ «ВИКЛЮЧЕННЯ» ВУЗЛІВ ЗІ СКЛАДУ СУПУТНИКОВОЇ МЕРЕЖІ: БАЛІСТИЧНИЙ АСПЕКТ ВПЛИВУ НА ШЛЯХИ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ**

Програми виключення вузлів зі складу супутникової мережі під час технічних операцій відновлення параметрів функціонування космічних апаратів, які є вузлами цієї мережі, мають забезпечувати періодичність у послідовності виключень та регулярність структури угруповання космічних апаратів, яке є вузлами, «виключеними» зі складу мережі. Розглянута низка програм «виключення» вузлів зі складу мережі та вплив цих програм на шляхи передачі інформації в мережі.

Programs for excluding nodes from the satellite network during technical operations to restore the operating parameters of spacecraft that are nodes of this network must ensure periodicity in the sequence of exclusions and regularity of the structure of the grouping of space vehicles that are nodes "excluded" from the network. A number of programs for "exclusion" of nodes from the network and the impact of these programs on information transmission paths in the network are considered.

**Ключові слова:** комірний апарат, супутникова система, угруповання космічних апаратів, шляхи передачі інформації в супутниковій мережі, виключення вузлів зі складу супутникової мережі, технічні операції з космічними апаратами

**Keywords:** a spacecraft, a satellite system, grouping of spacecraft, ways of transmitting information in a satellite network, exclusion of nodes from a satellite network, technical operations with spacecraft

Серед тенденцій розвитку супутникових систем на навколосезних орбітах такі [1-3]: 1) угруповання супутникових систем починають містити тисячі космічних апаратів; 2) орбітальне угруповання супутникової системи складається з декількох різновисоких угруповань (сегментів) на колових (в подальшому – і на еліптичних) орбітах; 3) орбітальне угруповання кожного сегменту здебільшого має регулярну структуру; 4) всі космічні апарати сучасної супутникової системи зв'язані між собою із застосуванням міжсупутникових зв'язків в єдину мережу зв'язку. Забезпечення функціонування супутникових систем передбачає різні варіанти періодичного планового технічного обслуговування їх космічних апаратів (періодичне маневрування задля підтримання заданої точності орбітального руху в рамках системи, періодичне тестування та (або) налагодження бортових систем космічних апаратів, відновлення їх енергозабезпечення, тощо). Це потребує планового періодичного «виключення» космічних апаратів зі складу супутникової мережі передачі даних (в супутниковій мережі зв'язку нібито періодично відсутня частина угруповання, на якому вона побудована). Програми «виключення» вузлів зі складу супутникової мережі мають забезпечувати періодичність у послідовності виключень та регулярність структури угруповання космічних апаратів, яке є вузлами, «виключеними» зі складу мережі.

Актуальна описана далі постановка задачі. Вихідними даними для визначення «програми виключень» є параметри орбітального угруповання (в якому декілька різновисоких сегменти) та для кожного k-го сегменту мережі задана кількість  $N_k$

космічних апаратів (вузлів супутникової мережі), які в будь якій час можуть бути відсутніми у мережі. Кількість  $N_k$  «виключених» з  $k$ -го сегменту супутникової мережі космічних апаратів визначається з попередніх розрахунків на основі інформації про необхідну періодичність і тривалість неможливості використання комічного апарату з цільовою функцією вузла мережі та може збільшуватися на декілька одиниць для забезпечення регулярності та (або) симетричності. Орбітальне угруповання кожного  $k$ -го сегменту системи побудовано на «ланцюжках» супутників (в одній номінальній орбітальній площині сегменту знаходиться декілька космічних апаратів). Алгоритм керування супутниковою мережею може передбачати її віртуальну фрагментацію на елементарні кластери [4]. За принципами реалізації програми регулярного «виключення» вузлів зі складу мережі можна розділити на два види: 1) алгоритм виключення здійснюється на основі розташування «виключених» космічних апаратів у «замкнених» ланцюжках супутників в орбітальних площинах (при цьому варіюються такі показники: кількість «виключених» вузлів в орбітальній площині, яка може змінюватися періодично від одної орбітальної площини до іншої; розташування «виключених» космічних апаратів в ланцюжках супутників в орбітальних площинах; порядок «виключення»); 2) алгоритм виключення здійснюється на основі розташування «виключених» космічних апаратів у віртуальних фрагментах мережі. Програма виключення впливає на шляхи передачі інформації в мережі, які можна уявити як ломані лінії, в яких початок і кінець кожного відрізка є центрами мас космічних апаратів, що реалізують один з одним зв'язок. Розглянута низка варіантів програм виключення вузлів зі складу мережі та статистичні характеристики дерев найкоротших шляхів в мережі на основі моделювання орбітального руху космічних апаратів, поточної структури зв'язків у мережі, накопичення та обробки статистичної інформації про найкоротші шляхи між парами вузлів мережі.

### Список використаних джерел

1. Starlink // Інтернет ресурс. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Starlink>
2. Oneweb// Інтернет ресурс. Режим доступу: <https://en.wikipedia.org/wiki/OneWeb>
3. Лабуткіна Т.В. Інтегрована супутникова система та інформаційна система в її основі: основні положення концептуального рішення // International scientific conference “Features of innovative development in the field of technology: the comparative experience of Ukraine and the European Union” : conference proceedings, August 5–6, 2022. Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2022. Pp. 28-32. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-230-2-7>
4. Лабуткіна Т.В. Разбиение многоспутниковой сети на кластеры: два концептуальных решения / Т.В. Лабуткіна, А.Д. Легенков, М.С. Лазарец, Я.С. Литвиненко // Scientific achievement of modern society. Abstracts of the 5th International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. Liverpool, United Kingdom. –2020. – Pp. 667-675. URL: <https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2020/01/scientific-achievements-of-modern-society-v.pdf>

*М.О. Перепелиця, аспірант, Т.В. Лабуткіна, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[m4kc.crow@gmail.com](mailto:m4kc.crow@gmail.com)*

## **БАЛІСТИЧНИЙ АСПЕКТ КЕРУВАННЯ ЛІНІЯМИ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ АВТОНОМНИМ КЛАСТЕРОМ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ І БАГАТОСУПУТНИКОВОЮ СИСТЕМОЮ**

Представлено загальний підхід до програмного керування лініями зв'язку під час комунікаційної взаємодії щодо автономного кластера космічних апаратів і глобальної супутникової системи, побудованої на різновисоких орбітальних угрупованнях. Управління передбачає такі дії: 1) вибір космічних апаратів супутникової системи (інакше вузлів супутникової мережі), за допомогою яких кластер космічних апаратів, що реалізує функції зовнішнього зв'язку, встановлює зв'язок із глобальною системою; 2) поточну просторову орієнтацію ліній зв'язку.

A general approach to the program control of communication lines during communication interaction regarding an autonomous cluster of space vehicles and a global satellite system built on different altitude orbital groups is presented. Control involves such actions: 1) the choice of the satellite system space vehicles (otherwise, satellite network nodes), by which a space vehicles cluster implementing external communication functions establish communications with the system; 2) the current spatial orientation of communication lines.

**Ключові слова:** комічний апарат, кластер космічних апаратів, орбітальні угруповання глобальної супутникової системи, орбітальні параметри, лінії міжсупутникового зв'язку, вузол доступу до глобальної супутникової мережі, програмне управління

**Key words:** a space vehicles, a cluster of space vehicles, orbital groupings of the global satellite system, orbital parameters, lines of intersatellite communication, an access node to the global satellite network, program control.

Бурхливий розвиток космічних технологій та задач практичного засвоєння космосу обумовлює використання великих супутникових систем різного призначення, інтегрування різноманітних космічних технологій (а в недалекому майбутньому призведе до створення у навколосемному космосі єдиної глобальної супутникової інтерсистеми) [1]. Базовою складовою, «остовом» такої системи стануть великі орбітальні угруповання глобального охоплення («огортання») Землі, кожне з яких реалізує низку цільових функцій (базових і допоміжних) [1]. Множина космічних апаратів цих угруповань буде зв'язана комунікаціями у єдине ціле (мати єдину мережу зв'язку). Тут будемо називати систему на основі множини угруповань глобального охоплення (або квазі охоплення) Землі глобальною системою. Крім того розвиток різноманітних задач орбітального сервісу (до якого можна віднести і задачі контролю множини орбітальних об'єктів та боротьби з космічним сміттям) [2], робить актуальною ще одну складову супутникової інтерсистеми. Невдовзі у навколосемному просторі з'явиться множина орбітальних угруповань (кластерів комічних апаратів), які будуть щодо автономні під час виконання кожного конкретного завдання та мати можливість адаптувати структуру свого орбітального угруповання до виконання цього завдання [1,3]. Серед обов'язкових базових функцій такого орбітального угруповання буде функція підтримання зовнішніх комунікацій

(спрямованих ліній зв'язку, які один або декілька космічних апаратів кластеру можуть встановлювати на відносно великі відстані при комунікаціях з космічними апаратами глобальної супутникової системи або з іншими кластерами).

Ця робота присвячена програмному керуванню спрямованими лініями зв'язку між космічними апаратами кластеру і космічними апаратами глобальної супутникової системи. Така зовнішня комунікація кластеру необхідна, якщо він реалізує взаємодію із глобальною системою в рамках спільних дій щодо вирішення поставленого завдання, або застосовує угруповання цієї системи для передачі (транспортування) інформації. Вихідними даними для керування спрямованими лініями зв'язку (кожну лінію можна розглядати як відрізок прямої, кінці якого співпадають з центрами мас космічних апаратів, які реалізують зв'язок) є орбітальні параметри космічних апаратів кластеру та орбітальних угруповань супутникової системи, а також просторові обмеження на реалізацію зв'язку. Управління передбачає такі дії: 1) вибір космічних апаратів супутникової системи (інакше вузлів супутникової мережі), за допомогою яких кластер космічних апаратів, що реалізує функції зовнішнього зв'язку, встановлює комунікацію із системою; 2) поточну просторову орієнтацію ліній зв'язку. Програмний вибір космічного апарату глобального орбітального угруповання, з яким на деякий час буде встановлена лінія зв'язку космічним апаратом кластера, визначається на основі врахування з заданим пріоритетом двох базових факторів: збільшення тривалості сеансу неперервної комунікації та проведення сеансу зв'язку при найкращих умовах. Програма керування лініями зв'язку («зв'язних» космічних апаратів кластеру при їх комунікації з глобальною супутниковою системою стане базовою основою для керування ними в реальному часі.

### Список використаних джерел

1. Лабуткіна Т.В., Перепелиця М.О. Концепція кластеру космічних апаратів з адаптивним до зміни задач орбітальним угрупованням як складова супутникової інтерсистеми. Trends in science and practice of today. Proceedings of the XXIX International Scientific and Practical Conference. Stockholm, Sweden. 2022. Pp. 11–14. DOI: 10.46299/ ISG.2022.1.29. URL: <https://isg-konf.com/trends-in-science-and-practice-oftoday>
2. Васильєв В.В. Орбітальний сервіс — крок до подальшого освоєння навколосезного космосу. / В.В. Васильєв, Л.Я. Годунок, С.А. Матвієнко // Космічна наука і технологія. 2021. 27, № 3 (130). С. 39-50. <https://doi.org/10.15407/knit2021.03>
3. Перепелиця М.О. Кластери космічних апаратів з адаптивним до задач орбітальним угрупованням у гібридній супутниковій системі, орбітальний рух і топологія зв'язків / М.О. Перепелиця, Т.В. Лабуткіна // Тези XXIV Міжнародної молодіжної науково-практичної конференції «Людина і космос», 25-27 травня 2022 (13-15 квітня 2022), Дніпро, Україна. – С.48. [https://spacehuman.org/\\_files/doc/sbornik2022.pdf](https://spacehuman.org/_files/doc/sbornik2022.pdf)

*І.В. Савчук, аспірант, С.В. Алексєєнко, д.т.н., професор  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Україна  
[ilya.savik@gmail.com](mailto:ilya.savik@gmail.com)*

## **АЛГОРИТМ НАВІГАЦІЇ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЗА КАРТОЮ МІСЦЕВОСТІ**

Анотація: Метою роботи є створення алгоритму позиціонування БПЛА на місцевості без застосування супутникових систем зв'язку GPS. Це дозволить орієнтуватися БПЛА на місцевості маючи на борту тільки карту (знімок з супутника) і камеру. Цей алгоритм можна буде застосовувати також на БПЛА з системами супутникового зв'язку GPS, в разі, якщо БПЛА втратив зв'язок із супутником. Також при відключенні систем супутникового зв'язку GPS БПЛА зможе далі дотримуватися маршруту. Алгоритм завантажує знімок, зроблений з БПЛА, після чого масштабує до розмірів карти місцевості (з супутника), робить поворот і обріз центральній частині з подальшим зменшенням розмірів до розмірів  $N \times N$  (наприклад  $64 \times 64$ ,  $32 \times 32$ ,  $16 \times 16$ ), потім переклад в матриці даних, після цього відбувається пошук цієї матриці на матриці карти місцевості.

Ключові слова: БЕЗПЛОТНИЙ ЛІТАЛЬНИЙ АПАРАТ, МАРШРУТ, ОРІЄНТАЦІЯ, ПОЗИЦІОНУВАННЯ НА МІСЦЕВОСТІ, АЛГОРИТМ.

Abstract: The purpose of the work is to create an algorithm for UAV positioning on the terrain without the use of GPS satellite communication systems. This will allow the UAV to navigate the terrain with only a map (satellite image) and a camera on board. This algorithm can also be applied to UAVs with GPS satellite communication systems, in case the UAV has lost contact with the satellite. Also, when GPS satellite communication systems are turned off, the UAV will be able to continue following the route. The algorithm loads a picture taken from a UAV, then scales it to the size of a terrain map (from a satellite), rotates and crops the central part, and then reduces the size to  $N \times N$  dimensions (for example,  $64 \times 64$ ,  $32 \times 32$ ,  $16 \times 16$ ), then processing in the data matrix, after that the search for this matrix takes place on the terrain map matrix.

Keywords: PILOTLESS AIRCRAFT, ROUTE of FLIGHT, ORIENTATION In SPACE, POSITIONING ON LOCALITIES, ALGORITHM of NAVIGATION.

Роботу присвячено актуальній проблемі розробки навігаційних систем з використанням альтернативних методів орієнтування надлегких безпілотних літальних апаратів (БПЛА) на основі наявної картографічної інформації про місцевість, які здатні визначати місцезнаходження літального апарату, та, відповідно, проводити або продовжувати місію в умовах нестійкого сигналу з супутників глобальної системи навігації, визначати навмисні спроби дезорієнтації або спотворення цих сигналів, вносити поправки в курс при нерегулярному оновленні точних даних про місцезнаходження.

Метою роботи є розробка алгоритму навігації безпілотного літального апарату за картою місцевості.

Завданням роботи є розробка методики для встановлення відповідностей між відеокдрами, що отримуються бортовою апаратурою, та фрагментами на наявній карті місцевості, а також алгоритму позиціонування БПЛА за допомогою знімків місцевості з обробкою даних.

В роботі розроблено та реалізовано алгоритм комп'ютерного зору для встановлення відповідності відеокадрів, отриманих з борту БПЛА під час польоту, фрагментам наявної карти із зображенням місцевості; розроблено та реалізовано новий алгоритм позиціонування БПЛА за допомогою отриманих знімків, в якому для пошуку елементу зображення на карті місцевості використано метод знаходження відповідностей шляхом створення патернів, що дозволило підвищити швидкість виконання розрахунків, а також зменшити вірогідність похибки пошуку та значно покращити точність роботи алгоритму.

Метод зіставлення патернів надає змогу знайти необхідну місцевість на карті майже у 100% відповідності, що робить цей метод більш точним ніж матричний та інші[1].

Зіставлення паттерна дозволяє швидко визначати ділянки зображень у відтінках сірого, які відповідають відомому еталонному паттерну, який також називають моделлю або шаблоном. Зіставлення шаблону передбачає створення патерну, який представляє об'єкт, який розшукується[2]. Потім програма машинного зору шукає екземпляри шаблону в кожному отриманому зображенні, обчислюючи оцінку для кожного збігу. Ця оцінка пов'язує, наскільки тісно розташовані збіги нагадують шаблон. Зіставлення шаблону може знайти відповідності шаблону за різним ступенем освітлення, розмиття, шуму та геометричних перетворень, таких як зсув, поворот або масштабування шаблону.

Створення опису паттерну зображення, який потрібно шукати під час фази зіставлення шаблону. Ці дані опису додаються до зображення шаблону введення. Під час фази відповідності дескриптор шаблону витягується із паттерну зображення і використовується для пошуку шаблону в зображенні перевірки.

Для навчання машинного зору був обраний алгоритм вибірки з низькими розбіжностями (Low Discrepancy Sampling)[3]. Використовується алгоритм вибірки з низькою невідповідністю. Цей алгоритм витягує найважливішу інформацію для представлення зображення, тобто з зображення беруться дані про світліші та темніші точки, а також переходи між ними у відтінках сірого.

Результати дослідження можуть бути використані в якості складової навігаційної системи БПЛА, яка дозволить забезпечити працездатність такої системи в умовах втрати сигналу глобальної системи супутникової навігації або в умовах активної радіоелектронної протидії.

### Список використаних джерел

1. Шапіро Л. Комп'ютерний зір / Шапіро Л., Стокман Д. - М.: БІНОМ. Лабораторія знань. 2006. - 752 с.
2. Сюй Лей, Дослідження методів та алгоритмів виявлення рухомих об'єктів у відеопотоці / Молодіжний науково-технічний вісник. 2008.
3. Ед Доурінг Основи машинного зору з NI myRIO / Департамент електротехніки та обчислювальної техніки, Технологічний інститут Роуз-Халман, 2015 – 166 с.



*Г.В. Фарафонов, аспірант, О.В. Голубек, д.т.н., професор  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
[georgiifarafonov@gmail.com](mailto:georgiifarafonov@gmail.com)*

## **ПЛАНУВАННЯ МАНЕВРІВ СТАБІЛІЗАЦІЇ ВИСОТИ ПОЛЬОТУ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО СУПУТНИКА З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОРЕАКТИВНОЇ ДВИГУННОЇ УСТАНОВКИ**

Анотація. Робота присвячена розробці методу планування включення електрореактивної двигунної установки для забезпечення стабілізації висоти польоту супутника. The article is devoted to the development of a method for planning the ignition of an electric propulsion system to provide the stabilization of the flight altitude of a satellite.

Ключові слова: стабілізація висоти орбіти, планування, електрореактивна двигунна установка, orbit altitude stabilization, electric propulsion system.

Широкий розвиток супутникових систем дистанційного зондування Землі в радіодіапазоні в умовах постійної мініатюризації приладів та пристроїв супутника призвели до появи цілого класу малих супутників, для керування польотом яких застосовується електрореактивна двигунна установка (ЕРДУ).

Найбільш затребуваними для таких супутників є орбіти висотою 500-800 км. Дані орбіти характеризуються визначальним впливом збурень сил тяжіння та аеродинамічного опору верхньої атмосфери Землі. Але, незважаючи на дію цих збурень, до радіолокаційних супутників пред'являються досить жорсткі вимоги щодо забезпечення точності висоти польоту супутника.

Робота присвячена розробці методу планування включення ЕРДУ для забезпечення стабілізації висоти орбіти радіолокаційного супутника у висхідному вузлу орбіти з урахуванням обмежень можливостей системи енергопостачання.

Синтезований метод планування включень ЕРДУ та проведено комп'ютерне моделювання, що підтвердило його працездатність. Визначено залежність витрат робочого тіла та середньої кількості включень, необхідних для забезпечення заданого діапазону висот орбіти супутника з тягооснащенністю  $2 \times 10^{-5}$  та середнім балістичним коефіцієнтом  $0,01 \text{ м}^2/\text{кг}$  від висоти сонячно-синхронної орбіти.

### **Список використаних джерел**

1. Vallado D.A., McClain W.D. Fundamentals of Astrodynamics and Applications, 4th ed. Microcosm Press, 2013. 1106 p.
2. Iwata T., Shimada M. Precision Orbit Control of the Advanced Land Observing Satellite (ALOS) for SAR Interferometry. Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences. Space Technology Japan, 2009. Vol. 7. No. 26. P. Td\_19-Td\_28.
3. Rosengren M. Orbit Control of ERS-1, ERS-2 and ENVISAT to Support SAR Interferometry. ERS and Envisat Symposium, ESA, 2000. P. 16-20.

*В.О. Хащина, аспірант, А.М. Кулабухов, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

*[v.khashchyna@fif.dnu.edu.ua](mailto:v.khashchyna@fif.dnu.edu.ua)*

## **ВИКОРИСТАННЯ ЛЕГКИХ РАКЕТ-НОСІВ ДЛЯ ВИВОДУ СУПУТНИКІВ НА НИЗЬКІ ОРБИТИ**

В сучасних умовах в усьому світі набуває актуальності задача проектування та побудови невеликих та відносно дешевих ракет-носіїв для виведення малих супутників на навколосезмну орбіту. Тому, розглянуто перспективи та основні завдання щодо розробки та створення власних ракет-носів легкого класу в Україні. In modern conditions, the problem of designing and manufacturing small-lift and relatively cheap launch vehicles for launching small satellites into low-Earth orbit is becoming relevant all over the world. The paper considers the prospects and main tasks of developing and creating the own light-class carrier rockets in Ukraine.

Ключові слова: малі супутники, ракети-носії легкого класу, низька навколосезмна орбіта, small satellites, light-class launch vehicles, low-Earth orbit.

Технологічний прогрес за останній час дозволив виробникам різко зменшити масо-габаритні розміри бортової апаратури за рахунок використання сучасної радіоелектроніки з малими габаритами, малим споживанням електроенергії і одночасним поширенням її функціональних можливостей. Це спричинило зменшення габаритно-масових характеристик супутників, що призвело до різкого вибуху ринку малих супутників. Кількість запусків ракет-носів (РН) у рік становить близько ста, що не дозволяє повністю задовільнити всіх бажаючих. Вартість запуску коливається у межах від 10 до 30 тис. доларів США за 1 кг маси супутника. Крім того малі супутники як правило запускають у кластерному варіанті, тобто на орбіти, близькі до основного супутника, що обмежує можливість їх використання.

Для запуску цих супутників компанії проєктують та будують невеликі та дешевші РН, які можуть значно поширити діапазон низьких орбіт і суттєво розширити коло завдань супутників, які вони можуть виконувати.

Основними країнами розробниками і виробниками РН малої вантажопідйомності є США, Китай, Росія, Іран, Японія та Італія. Також розробками ракет-носіїв займаються у Індії, Іспанії, Великобританії, Північній Кореї, Південній Кореї, Філіппіні, Малайзія, Сінгапур, Аргентина.

Слід відзначити, що основні характеристики таких РН і їх системи керування різняться в залежності від маси корисного навантаження і висоти орбіти, на яку вони можуть виводиться. При цьому також приходиться враховувати можливість зведення цих ракет з орбіт щоб не засмічувати космічний простір.

Зараз Україна не має можливості запускати власні супутники своїми РН, хоча малі космічні апарати створюються як підприємствами космічної галузі, так і рядом вищих навчальних закладів. Задача створення відносно дешевих малих РН є актуальною для України. Такі роботи ведуться і в Дніпровському національному університеті. Для вирішення таких завдань потрібно створити і відпрацювати як конструкції і двигуни установки так і системи керування, які за своїми характеристиками і алгоритмами керування відрізняються від створених ДП КБ «Південне» РН типу Зеніт і Циклон.

### **Список використаних джерел**

1. <https://www.newspace.im/launchers>

# **ОСВОЄННЯ МІСЯЦЯ ТА ПЛАНЕТ**

**Шатов Сергій Васильович,**  
доктор технічних наук, доцент  
**Осіновий Геннадій Геннадійович,**  
доктор філософських наук

*А.Апанасенко, студентка, В.В.Воробйов, канд. арх., доцент, О.С.Шило, ст.вickl.  
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури  
[annitaopanasenko@gmail.com](mailto:annitaopanasenko@gmail.com)*

## **ОБВАЛОВАНЕ ПОСЕЛЕННЯ НА МІСЯЦІ З ОБЛІКОМ ВНУТРІШНІХ І ЗОВНІШНІХ ЕФЕКТІВ ПОЛЯРИЗАЦІЇ ЙОГО ПРОСТОРУ**

**Анотація.** Розглядаються формотворчі аспекти створення обвалованих поселень на Місяці на основі обліку внутрішніх та зовнішніх ефектів поляризації його простору.

**Ключові слова:** *Місяць; обваловане поселення; внутрішні та зовнішні ефекти поляризації.*

**Keywords:** *Moon; collapsed settlement; internal and external polarization effects.*

Будь-яка геометрична форма, незалежно від матеріалу і від того, чи має вона в собі порожнечу або є речовим монолітом, фактом свого існування енерго - інформаційно поляризує (обурює) простір усередині і навколо себе на шари, сектори та інші морфологічні ділянки, кожен з яких впливає людину та інші форми життя. Вплив викликає адекватні (резонансні) рефлексії за видами функціональної діяльності. Змінюючи геометричні абрисы місячного поселення або його окремих елементів, можна керувати епюрами обурення простору на користь завдань, які мають виконувати екіпаж місячного поселення [1,2].

Поверхня Місяця для підбору місць розміщення поселень може бути диференційована на місця-вузли активізації багатопроменевих поляризаційних ефектів, і місця - зв'язку (смуги) між такими вузлами. А також – на місця поза вузлами та зв'язками. Де також утворюються свої поляризаційні ефекти. Обваловане місячне за такого підходу буде комплексом форм - генераторів внутрішніх та зовнішніх поляризаційних ефектів, налаштованих на частотні ряди енергії людського організму через ланцюг реакцій: ідеомоторика – активація відповідної зони мозку – поява відповідної мотивації - реалізація активізованого гармонікою виду діяльності за оптимальною схемою. Це формоутворення місячного поселення, можна назвати антенуючим, тобто включеним у мережеві структури обмінних зв'язків між Місяцем та Космосом [1,2], Формоутворення обвалованого місячного поселення в даному випадку як би виростає з енергінформаційної структури конкретної ділянки поверхні Місяця як його продовження у просторі з уже певною внутрішньою та зовнішньою структурною організацією. Інакше кажучи, поселення ще немає, але воно вже є [1,2].

### **Список використаних джерел**

1. Воробйов В.В., Шило О.С. Тераформування Місяця і Марса: базові принципи.– Український журнал будівництва та архітектури. №4 (004), липень-серпень 2021. – С.24-35.
2. Воробйов В. В., Шило О. С. Типологія підходів до архітектурної організації місячних поселень. Український журнал будівництва та архітектури. №5 (005), вересень-жовтень 2021. – С.15 – 33.

*А.Апанасенко, студентка, В.В.Воробйов, канд. арх., доцент, О.С.Шило, ст.вickl.*  
*Придніпровська державна академія будівництва та архітектури*  
[annitaopanasenko@gmail.com](mailto:annitaopanasenko@gmail.com)

## **ФОРМОУТВОРЕННЯ ОБВАЛОВАНИХ МІСЯЧНИХ ПОСЕЛЕНЬ НА ОСНОВІ АСТРОПЛАНЕТАРНИХ ПРОЕКЦІЙ**

**Анотація.** Розглядаються формотворчі аспекти створення обвалованих поселень на Місяці на основі обліку астропланетарних проекцій

**Ключові слова:** *формування; Місяць; обваловане поселення; астропланетарні проекції*

**Keywords:** *shaping; Month; collapsed settlement; astroplanetary projections*

Облік фрактально-морфологічних астропроекцій як один із підходів до формування поселень на Місяці (як, втім, і на інших планетах), має високий потенціал результативності місії колоністів, відправлених на поверхню нашого природного супутника.

Це зумовлено сутністю людського організму, який стосовно завдань освоєння інших планет може розглядатися з різних позицій, одна з яких - його тіло наповнене розчином електроліту. Він реагує на ділянки шкали електромагнітного діапазону. І передає свою реакцію на психофізіологію. Це означає, що є діапазони шкали, які для конкретної людини можуть бути як біопозитивними, так і негативними, небезпечними. Джерела впливів різні. Найважливішими є замкнуті контури енергоінформаційних слідів – проекцій орбіт різних об'єктів ближнього і далекого космосу на поверхню Місяця. Підкоряючись принципу фрактальної організації Всесвіту, астропланетарні проекції покривають поверхню Місяця незрими енергетичними сітками різного ієрархічного рівня з різною геометричною формою осередків. Рухаючись орбітами, планети та інші космічні тіла викликають в розчині електроліту різні відхилення від вертикальної осі, а також інші відхилення, синхронно викликаючи аналогічні реакції у хребті та черепі людини. Електроліт та кістки перетворюються на взаємопов'язаний комплекс. І передають свої ефекти на мозок та внутрішні органи людини, сприяючи їхній роботі або пригнічуючи її. Це означає, що форма поселення з цієї точки зору у кожному конкретному місці вже незримо існує. Її потрібно візуалізувати у діапазоні сприйняття зором людини. При цьому можуть виявлятися такі геометричні форми місячних поселень, як: мандалоїдні; мандорлоїдні; ваджроїдні; тополоїдні; лібраціоїдні; інтерференційні; фібулоїдні, а також різні гібридні версії, коли це допускає набір астропроекцій [1,2].

### **Список використаних джерел**

1. Воробйов В.В., Шило О.С. Тераформування Місяця і Марса: базові принципи.– Український журнал будівництва та архітектури. №4 (004), липень-серпень 2021. – С.24-35.
2. Воробйов В. В., Шило О. С. Типологія підходів до архітектурної організації місячних поселень. Український журнал будівництва та архітектури. №5 (005), вересень-жовтень 2021. – С.15 – 33.

*М.Д. Гончарова, студентка, С.В. Шатов, д.т.н., професор,  
Є.А. Коваленко, студентка  
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури  
[goncarovamaria935@gmail.com](mailto:goncarovamaria935@gmail.com)*

### **ВИГОТОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ВИРОБІВ НА МІСЯЦІ.**

Об'єкти поселень на Місяці можуть будуватися методом 3Д-друкування або зводиться монтажем окремих конструкцій з будівельних виробів - блоків. На Землі використовують блоки з місцевих матеріалів, зокрема ґрунтоблоки, складовою частиною яких є глини та суглинки. Це забезпечує зменшення вартості будівництва. Для умов Місяця доцільно використати подібну технологію, коли в якості основи будівельних блоків приймається місячний ґрунт – реголіт.

Для виготовлення будівельних ґрунтоблоків методом ущільнення сировини використовують різноманітне обладнання, головним чином, преси (рисунок). Недоліками такого обладнання є значна енергомісткість, складність, низька якість виробів. Для виробництва реголітоблоків пропонується використати технологію їх виготовлення, розроблену в ПДАБА, особливістю якою є місцеве нагнітання сировини під діючий робочий орган ущільнювача (рисунок з). Ущільнювач переміщується в декількох напрямків, що для сировини створює текучий стан та забезпечує розподіл реголіту по всій формі. Це значно покращує якість ґрунтоблоків. Така технологія дозволяє значно зменшити енерговитрати, отримувати якісні реголітоблоки в умовах Місяця, знизити витрати на будівництво місячних об'єктів.



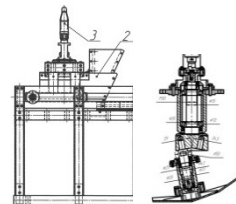
*а*



*б*



*в*



*г*

*Обладнання для виготовлення ґрунтоблоків:*

*а, б – стисненням сировини; в, г – методом нагнітання сировини*

Обладнання може бути встановлено на мобільному транспортному засобі для переміщення по поверхні Місяця до місця використання. Виготовлені реголітоблоки доцільно складувати безпосередньо біля майбутніх споруд, що зменшить витрати на їх переміщення. Розміри реголітоблоків залежать від вимог будівництва та можуть бути змінені заміною форми у обладнанні. Реголітоблоки можуть виготовлятися однорідними та з порожнинами. Подальші дослідження направлені на удосконалення розрахунку складових обладнання.

*І.О. Гусарова<sup>1</sup>, д.т.н., провідний науковий співробітник,  
Г.Г. Осіновий<sup>1</sup>, доктор філософії, начальник відділу,  
О.Д. Деркач<sup>2</sup>, к.т.н., завідувач кафедри  
Державне підприємство  
«Конструкторське бюро «Південне» ім. М. К. Янгеля»  
<sup>2</sup>Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
[info@yuzhnoye.com](mailto:info@yuzhnoye.com)*

## ВИДОБУТОК ВОДИ НА МІСЯЦІ БЕЗ ЗМІНИ ФАЗИ ЛЬОДУ

**Анотація.** Використання природних ресурсів Місяця життєво важливе для створення стабільної інфраструктури місячної поверхні. Розроблено концепція обладнання для видобутку води механічним методом, яка забезпечує вимоги NASA щодо відділення водяного льоду від маси реголіту без зміни фази.

**Ключові слова:** Місяць, вода, лід, методи видобутку.

**Abstract.** The use of Moon's natural resources is vital to creating stable infrared lunar surface. The concept of equipment for extracting water by a mechanical method, which meets the requirements NASA for the separation of water ice from the regolith mass without phase change, has been development.

**Keywords:** Moon, water, ice, mining methods.

В останні роки дослідження Місяця та встановлення постійної присутності людини на його поверхні знову привернули увагу космічних агентств усього світу. Використання природних ресурсів Місяця життєво важливе для створення стабільної інфраструктури місячної поверхні й забезпечує значне зниження початкової маси і вартості запуску.

Основним ресурсом Місяця, що має безпосередню цінність для людей, є вода. Вона потрібна в системах життєзабезпечення населених станцій для пиття та вирощування рослин, для отримання компонентів ракетного палива та вилучення кисню для дихання.

Світовим лідером у розробці технології та обладнання для видобутку і використання води й інших ресурсів Місяця є США. Наразі в рамках програм NASA розробляється значна кількість технологій й обладнання для видобутку води з реголіту різноманітними термічними методами, які засновані на зміні фази: закачуванні енергії в реголіт для сублімації льоду в пару, потім захопленні пари, повторному заморожуванні та транспортуванні твердого льоду для зберігання чи подальшої переробки. Така технологія потребує великої потужності під час нагрівання всієї маси реголіту для сублімації води.

NASA продемонструвала інтерес до методу відділення водяного льоду від маси реголіту без зміни фази водяного льоду. Описаний метод повинен розглядати, як можна мінімізувати втрати сублімації. Цільова продуктивність для пілоотної установки становить 10 кг реголіту на годину. Цільова продуктивність для повномасштабної системи становить 100 кг реголіту на годину.

Метою цього дослідження є розробка концепції обладнання для видобутку води механічним методом, яке забезпечує вимоги NASA щодо відділення водяного льоду від маси реголіту без зміни фази.

На основі аналітичного дослідження існуючих методів збагачення й властивостей реголіту і льоду встановлено, що для відокремлення льоду механічним

методом в умовах Місяця може бути застосоване сортування, збагачення за тертям, адгезійний метод, вибіркове дроблення, подрібнення.

Оскільки вимоги до обладнання для освоєння Місяця дуже жорсткі: мала маса, низьке енергоспоживання, стійкість до абразивної дії місячного пилу, вакууму, низьких температур, термоцикування, впливу радіації, автономність та висока надійність, розглянуто усі існуючі методи дроблення матеріалів й встановлено, що найбільш придатними для подрібнення крижаного реголіту на Місяці є дробарки ударної дії, які мають просту, компактну та надійну конструкцію і невеликі витрати електроенергії.

Для відокремлення льоду та ґрунту на Місяці пропонується концепція ударної дробарки з обертовим лопатевим ротором та нерухомою круговою декою.

На основі розрахунку робочих параметрів запропонованої ударної дробарки показано, що в вакуумі споживання потужності відокремлення 100 кг/год льоду від ґрунту складає всього 1,1 Вт, що значно нижче за використання термічного методу.

### **Список використаних джерел**

1. Мала гірнича енциклопедія у 3 т. за ред. В. С. Білецького. -Д. : Східний видавничий дім, 2013. - Т. 3: С - Я. - 644с.
2. Валерій Самилін, Володимир Білецький Спеціальні методи збагачення корисних копалин. Донецьк, Східний видавничий дім, 2003
3. Білецький В.С., Смирнов В.О. Переробка і якість корисних копалин. Донецьк: Східний видавничий дім, 2005.- 324
4. <https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/274/1/doc.pdf> - А.С.Кобець та ін. Машини і обладнання для зберігання та комплексної обробки зерна, Навчальний посібник, Дніпропетровськ, 2013



*В.Д. Данилюк, інженер 1 категорії<sup>1</sup>, І.С. Козіс, учень<sup>2</sup>, І.Г. Осіновий, учень<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>Державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне» імені М.К. Янгеля,*

*<sup>2</sup>Комунальний навчальний заклад Дніпровської міської ради, «Хіміко-екологічний ліцей*

*<sup>3</sup>Комунальний навчальний заклад освіти «Середня загальноосвітня школа № 143»*

*Дніпровської міської ради*

*[info@yuzhnoye.com](mailto:info@yuzhnoye.com)*

## **ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ЗАМКНУТОЇ ЕКОСИСТЕМИ МІСЯЧНОЇ БАЗИ**

**Анотація.** Для забезпечення автономності місячної бази, підвищення її безпеки та зменшення вантажу, який доставляється, в роботі проведено аналіз існуючих проєктів замкнутих місячних екосистем. Запропоновано новий перспективний базовий склад замкнутої екосистеми місячної бази, який включає модулі-оранжереї.

**Ключові слова:** місяць, замкнута екосистема, космічна оранжерея.

**Abstract.** In order to ensure the autonomy of the monthly base, the promotion and security of that change in vantage, which is delivered, an analysis of the key projects of closed monthly ecosystems was carried out in the robot. A new promising base warehouse for a closed ecosystem of a monthly base, which includes greenhouse modules, has been proposed.

**Keywords:** the Moon, a closed ecosystem, a space greenhouse.

Одним з перспективних напрямків при вирішенні задач створення заселених баз є забезпечення життєдіяльності майбутніх космічних поселенців. Починаючи зі середини двадцятого сторіччя різні космічні держави та всесвітні організації проводять роботи по створенню замкнутих екосистем, які здатні імітувати природне середовище на Місяці.

В даній роботі проведено аналіз існуючих проєктів замкнутої екосистеми та встановлено найбільш перспективні технології для її побудови у складі місячної бази. Розглянуто і встановлено найбільш прийнятні методи вирощування сільськогосподарських культур у штучних умовах. Встановлено базовий склад замкнутої екосистеми місячної бази, яка включає в себе модулі-оранжереї. Запропонована замкнута екосистема, яка буде забезпечувати часткову замкнутість біохімічних процесів. Це призведе до зменшення кількості продовольства та кисню, які необхідно доставляти на місячну базу, а отже зниженню вартості обслуговування та збільшенню безпеки перебування людини на Місяці.

### Список використаних джерел

1. M. Pence, America Will Return to the Moon – and Go Beyond, 4 October 2017, <https://www.wsj.com/articles/america-will-return-to-the-moonand-go-beyond-1507158341>, (accessed 15.01.20).
2. Moon village the first stop to Mars: ESA, 28 September 2017, <https://phys.org/news/2017-09-moon-village-mars-esa.html>, (accessed 21.12.19).
3. China and Europe May Build A “Moon Village” in the 2020s, 30 April 2017, <https://futurism.com/china-and-europe-may-build-a-moon-village-in-the-2020s/>, (accessed 07.10.19).
4. S. Krishna, Russia and the US will work together to build a moon base, 27 September 2017, <https://www.engadget.com/2017/09/27/russia-us-cooperate-on-lunar-base/>, (accessed 02.02.20).
5. A. Degtyarev, Y. Lysenko, M. Kaliapin, G. Osinovyy. Lunar Industry and Research Base Concept, GLEX-17-3.3.10, Global Space Exploration Conference, IAF, 2017, 6-8 June.

*В.В. Дунда, аспірант, К.О. Сіренко, аспірант, Т.П. Ярова, доцент  
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури  
[Karridared@gmail.com](mailto:Karridared@gmail.com)*

## **ВПЛИВ УМОВ МІСЯЦЯ НА КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ЖИТЛОВИХ МОДУЛІВ МІСЯЧНОЇ БАЗИ**

Вплив зовнішніх умов місяця на конструктивні рішення житлових модулів місячної бази може виявлятися у різних аспектах, таких як теплоізоляція, звукоізоляція, стійкість до вітру, захист від вологи та інших факторів довкілля. Конструктивні рішення житлових модулів повинні забезпечувати комфортні умови проживання та роботи персоналу у будь-яку пору року та у будь-яких погодних умовах. Нижче приведені результати теплотехнічних розрахунків місячних модулів.

Теплотехнічний розрахунок модулів за допомогою програмного комплексу ELCUT. Розрахунок робимо при мінімальній температурі (місячна ніч) середовища, яка дорівнює  $102 \text{ K} = -171 \text{ C}^\circ$ , та коефіцієнті теплопередачі  $0.011 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ , для різних варіантів конструктивних рішень (підземний, напівзаглублений, наземний).

*Результати при різних конфігураціях при негативній*

*Температурі (надземне розташування) Таблиця 1*

Кількість людей	Радіус, м	L дуги, м	Тепловий потік, Вт	$\Delta T$ , К	R Вт/(м <sup>2</sup> ·К)
8	14	53	30,866	192	329,68
10	17	60	33,749	192	341,34
12	20	65	36,091	192	345,79

*Результати при радіусі оболонки 17 м та температури 384 К(111°С)*

*Таблиця 2*

Розташування	Радіус, м	L дуги, м	Тепловий потік, Вт	$\Delta T$	R Вт/(м <sup>2</sup> ·К)
Надземне	17	60	22,442	91	243,3
Напівзагл.			22,066		247,4
Підземне			11,621		469,8

*Результати при радіусі оболонки 17 м та температури 102 К(-171°С)*

*Таблиця 3*

Розташування	Радіус, м	L дуги, м	Тепловий потік, Вт	$\Delta T$ , К	R Вт/(м <sup>2</sup> ·К)
Надземне	17	60	33,749	192	341,34
Напівзагл.			33,294		346,01
Підземне			19,212		599,63

Результати при радіусі оболонки 17 м та температури 253 К(-20°C)

Таблиця 4

Розташування	Радіус, м	L дуги, м	Тепловий потік, Вт	$\Delta T$ , К	R Вт/(м*К)
Надземне Напівзагл. Підземне	17	60	525,05	45	5,14
			515,3		5,23
			337,8		7,99

*О.І. Леуська, студентка, С.Г. Головка, к.і.н., доцент  
Національний авіаційний університет  
[Eleuska11@gmail.com](mailto:Eleuska11@gmail.com), [GolovkoS@ukr.net](mailto:GolovkoS@ukr.net)*

## ОСВОЄННЯ МІСЯЦЯ: ПЕРСПЕКТИВИ ТА РЕАЛЬНІСТЬ

Анотація: розглянуто основні етапи та перспективи подальшого освоєння Місяця; the main stages and prospects of further the Moon exploration are considered.

Ключові слова: Місяць, НАСА, «Артеміда», «Місячна брама», «Оріон», Україна; the Moon, NASA, «Artemis», «Lunar Gateway», «Orion», Ukraine.

На сучасному етапі значна увага людства прикута до Місяця. Наукові дослідження показують, що на Місяці є ресурси і можливості для його освоєння та заселення. Провідні країни світу активно долучаються до вивчення супутника Землі та визначення перспектив його подальшого освоєння [1].

Запуск радянського супутника «Луна-1» у січні 1959 року став початком місії дослідження Місяця. 1961 року космонавт Юрій Гагарін здійснив політ навколо Землі. США теж активно включилися у «космічні змагання». Американський президент Джон Кеннеді поставив завдання висадки людини на Місяць до кінця 1960-х років. Тільки 1969 року у рамках космічної програми «Аполон» цю місію здійснив екіпаж пілотованого космічного корабля «Аполон-11», у складі якого були Н. Армстронг, М. Колінз, Е. Олдрін. Востаннє на Місяць астронавти висаджувалися 1972 року. Програма «Аполон» стала значним внеском в історію науки і пілотованої космонавтики. Автором розрахунків оптимальної траєкторії польотів на Місяць став український учений-винахідник з Полтави Юрій Кондратюк (Олександр Шаргей).

Уже в XXI столітті, 2017 року аерокосмічне агентство НАСА розпочало програму «Артеміда» («Artemis»), метою якої є висадка двох астронавтів (жінки та чоловіка) біля південного полюса Місяця у 2024 році та створення на навколomisячній орбіті космічної станції «Місячна брама» («Lunar Gateway»). Виконання цього грандіозного завдання планується досягти за допомогою активної участі міжнародних партнерів з Австралії, Великої Британії, Італії, Канади, Люксембургу, Об'єднаних Арабських Еміратів, Японії [2]. Угода восьми держав встановлює правові засади поведіння поза Землею за аналогією з використанням ресурсів Світового океану, а саме: добувати щось можна, але володіти частиною океану – ні. Такий підхід передбачається поширити і на позаземний простір. Нею встановлюються наступні принципи майбутньої співпраці: мирне дослідження, прозорість, функціональна сумісність, екстрена допомога, реєстрація космічних об'єктів, публікація наукових даних, збереження спадщини, космічні ресурси, усунення конфліктів діяльності, безпечна утилізація космічного сміття [3]. Для втілення в життя цієї перспективної програми американське космічне агентство обрало декілька приватних компаній для розробки системи для висадки людини на поверхню Місяця. До числа переможців увійшли відомі компанії SpaceX Ілона Маска та Blue Origin Джефа Безоса [4].

Для втілення зазначеної програми в життя передбачається декілька етапів, і перший з них успішно відбувся. НАСА завершило місію Artemis 1. Безпілотний космічний корабель «Оріон», на якому в майбутньому планується відправляти на Місяць астронавтів, 11 грудня 2022 року успішно повернувся на Землю. Це стало завершальним етапом програми «Артеміда І» та першою місією місячної програми США через 50 років після останньої висадки американських астронавтів. Космічний

корабель «Оріон» із трьома манекенами на борту запустили 16 листопада в межах програми НАСА Artemis. Приблизно через 25 днів Оріон успішно приводнився у Тихому океані біля острова Гваделупа, ознаменувавши завершення першої фази програми Артеміда. Під час польоту корабель пройшов 1,4 мільйона миль, двічі облетівши Місяць. Таким чином, Оріон побив рекорд Національного космічного агентства США за дальністю польоту космічного корабля, призначеного для астронавтів. Він перемістився приблизно на 401 798 км від Землі [5]. На другому етапі «Artemis-2» заплановано політ навколо природного супутника Землі корабля «Оріон» з екіпажем на борту. Під час цієї місії астронавти будуть вручну керувати кораблем, що дозволить оцінити керуваність, а також пов'язане з ним апаратне і програмне забезпечення. На третьому етапі «Artemis-3» має відбутися висадка астронавтів на поверхню Місяця, де вони проведуть сім днів. У сучасних скафандрах, що забезпечують більшу гнучкість і рухливість, ніж у їхніх попередників, астронавти будуть збирати зразки і проведуть низку наукових експериментів. Потім, у середині 2030-х років, астронавтів планують відправити до Марса. У рамках місії «Artemis-4» і всіх наступних кораблі «Оріон» будуть зістиковуватися із станцією Gateway. Два члени екіпажу залишатимуться на станції на орбіті, ще два астронавти відправлятимуться на поверхню Місяця. Варто зазначити, що перший етап програми планувався на кінець 2020 року, а другий – на 2022 рік. Але у НАСА було прийняте рішення про перенесення терміну реалізації «Artemis-1» на 2021 рік у зв'язку із затримками при створенні ракети-носія SLS, зокрема через пандемію коронавірусу.

У НАСА вважають, що для успішної міжнародної взаємодії на Місяці необхідно виробити норми поведінки та співпраці, що відповідають американським цінностям та відкритості в наукових дослідженнях. При цьому за порушення норм пропонується карати. У рамках програми «Артеміда» планується створення бази на поверхні Місяця, де будуть нові енергосистеми, місця проживання і багато іншого для здійснення довгострокових досліджень. Очікується, що астронавти будуть шукати життєво необхідні ресурси на поверхні супутника Землі. Реалізація зазначеної програми стане важливою складовою у справі освоєння планети Марс.

Отже, сучасна наука рухається до важливих і глобальних винаходів, досліджень і досягнень. Провідні країни світу об'єднуються у справі активного дослідження і мирного використання космічного простору. Сподіваємося, що Україна, яка стала дев'ятою країною-підписантом Домовленостей в рамках програми НАСА «Артеміда» як провідна космічна держава, зробить свій вагомий внесок у справу дослідження й використання космічного простору.

#### **Список використаних джерел**

1. Головка С.Г., Леуська О.І. Перспективи міжнародної співпраці з освоєння Місяця. *АЕРО-2020. Повітряне і космічне право*: матеріали Всеукр.конф. молодих учених і студентів, 20 лист. 2020 р., м. Київ. Тернопіль : Вектор, 2020. Т.1. С. 28-30.
2. 8 країн підписали «Угоду Артеміди» про освоєння Місяця. URL: <http://www.pravda.com.ua>.
3. Місячна коаліція: проєкт «Артеміда». URL: <http://uisgda.com>.
4. SpaceX і Blue Origin підготують висадку астронавтів США на Місяць. URL: <http://www.unian.ua>.
5. NASA завершило місію Artemis 1: це чи не найважливіший крок для подорожі на Марс. URL: <https://zaborona.com/nasa-zavershylo-misiyu-artemis-1-cze-chy-ne-najvazhlyvishyj-krok-dlya-podorozhi-na-mars/>.

*А. А. Пустовгаров, начальник групи,  
Г. Г. Осіновий, начальник відділу, доктор філософії  
Державне підприємство  
«Конструкторське бюро «Південне» імені М. К. Янгеля», м. Дніпро  
[info@yuzhnove.com](mailto:info@yuzhnove.com)*

## КОНЦЕПЦІЯ ШЛЮЗОВОГО МОДУЛЯ МІСЯЧНОЇ БАЗИ

Анотація. Описано концепцію шлюзового модуля місячної бази, наведено його основні характеристики та вигляд, описано будову, приділено увагу цільовому обладнанню та службовим системам.

*Ключові слова.* Шлюзовий модуль, космічний скафандр, освоєння Місяця, місячна база.

Annotation. The concept of the airlock module of Moon base is described, its main parameters and appearance are resulted, the device, the special-purpose equipment and services systems is described.

*Keywords.* Airlock module, space survival suit, Moon development, Moon base.

Вивчення та дослідження Місяця останнім часом вийшли на новий етап та набувають все більших масштабів. Неухильно зростає кількість проєктів (державних і приватних, національних та міжнародних), мета яких — тою чи іншою мірою сприяти освоєнню природного супутника Землі.

Цей процес, що здійснюється зараз автоматичними міжпланетними станціями, в своєму подальшому розвитку буде продовжено пілотованими експедиціями, спочатку — короткочасними, згодом — більш тривалими. Зрештою буде забезпечено постійну присутність людей на поверхні Місяця.

Визначаючи все більше вдосконалення робототехніки та систем штучного інтелекту, все ширше використання їх в космічних дослідженнях, необхідно зауважити, що роль людини в космонавтиці залишиться вирішальною. Зокрема це стосується проведення різноманітної діяльності безпосередньо на поверхні Місяця. При цьому перебування людей забезпечуватимуть герметичні внутрішні приміщення місячних баз, а виходи на поверхню та повернення будуть вимагати наявності спеціальних перехідних відсіків, призначених для сполучення цих приміщень (без їх розгерметизації) з космічним простором, тобто поверхнею Місяця.

Метою проведених робіт була розробка спеціалістами ДП «КБ «Південне»» концепції такого відсіку — шлюзового модуля.

В результаті проведених робіт було:

- визначено призначення модуля;
- сформульовано його задачі;
- вироблено його концепцію;
- розроблено (концептуально) його конструкцію;
- визначені склад та функції цільового обладнання, його приблизні характеристики;
- оцінено деякі характеристики службових систем;
- сформовано вигляд модуля та визначено його основні характеристики;
- проведено порівняння характеристик модуля з шлюзовими відсіками реальних космічних апаратів.

Показано, що ДП «КБ «Південне»» веде цілеспрямовану проектну діяльність зі створення засобів вивчення та освоєння Місяця, використовуючи сучасні методи та засоби.

Подальші роботи над шлюзовим модулем (погоджені з роботами як над елементами місячної бази, так і над місячним ракетно-космічним комплексом) дозволять перевести плани вивчення та освоєння Місяця на більш якісний рівень, у тому числі брати участь у міжнародних проектах.

### **Список використаних джерел**

1. Гушин В. Н. Основы устройства космических аппаратов: Учебник для вузов. — М.: Машиностроение, 2003. — 272 с.: ил.
2. Разработка систем космических аппаратов / Под. ред. П. Фортекью, Г. Суайднера, Д. Старка; Пер. с англ. — М.: Альбина Паблишер, 2016. — 764 с.
3. Строгонова Л. Б., Столярчук В. А., Макарова С. М., Васин Ю. А. Лунная база, проблемы обитаемости // Электронный журнал «Труды МАИ», выпуск № 67.
4. Туманов А. В. Основы компоновки бортового оборудования космических аппаратов: Учеб. пособие / А.В. Туманов, В. В. Зеленцов, Г. А. Щеглов — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. — 344 с., ил.
5. Ушаков В. В. Основы устройства и конструирования космических летательных аппаратов: Учебное пособие. — М.: Изд-во МАИ, 2003. — 72 с.: ил.



*К.О. Сіренко, аспірант, А.М. Сопільняк, к.т.н., доцент, А.А. Тутюк, к.т.н.  
 «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»  
 E-mail: [sirenokk@gmail.com](mailto:sirenokk@gmail.com)*

**РОЗРАХУНОК КУПОЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ЖИТЛОВОГО МОДУЛЯ НА МІСЯЦІ**

При визначенні навантажень, які діють на купол-оболонку житлового модуля необхідно пам'ятати, що вага тіла залежить від його маси та гравітаційного прискорення. На Місяці прискорення тяжіння становить 1/6 частину від земного, і дорівнює 1,62 м/с<sup>2</sup>. Навантаження, які діють на купол-оболонку житлового модуля: власна вага куполу-оболонки, вага захисного шару з реголіту (G), внутрішній тиск (P).

Розрахунок купольної конструкції житлового модуля на Місяці виконуємо за двома методами, мембраною теорією оболонок та методом скінчених елементів, з використанням ПК ЛПА-САПР. Результати розрахунків зведемо у таблицю.

*Результати розрахунку*

*Таблиця 1.*

Назва показника		Метод розрахунку		% відхилення
		МТО	МСЕ	
зусилля біля опорного кільця, кН/м	$N_1$ (власна вага)	-8,74	-8,5	2,75
	$N_2$ (власна вага)	2,2	2,02	8,18
	$N_1$ (з.ш. з реголіту)	-68,62	-66,82	2,62
	$N_2$ (з.ш. з реголіту)	17,16	15,84	7,7
	$N_1$ (внутріш.тиск)	486,45	455	6,47
	$N_2$ (внутріш.тиск)	486,45	-38,48	107,91
зусилля на верхівці купола, кН/м	$N_1$ (власна вага)	-6,56	-6,45	1,68
	$N_2$ (власна вага)	-6,56	-6,48	1,22
	$N_1$ (з.ш. з реголіту)	-51,47	-50,7	1,5
	$N_2$ (з.ш. з реголіту)	-51,47	-50,7	1,5
	$N_1$ (внутріш.тиск)	486,45	491,4	-1,02
	$N_2$ (внутріш.тиск)	486,45	507	-4,23
$A_{fer}$ (меридион.), см <sup>2</sup>		8,11	8,2	-1,11
$A_{fer}$ (кільц.), см <sup>2</sup>		8,11	8,5	-4,81
$\delta_{shell}$ (оп.кільце), м		0,25	0,24	4
$\delta_{shell}$ (оп.кільце), м		0,22	0,23	-4,55
$U$ , кН		-3088,2	-1739,21	43,68
$M$ , кНм		-142,4	5,72	104,02

Аналізуючи дані в таблиці 1 бачимо що відсоток відхилення більшості параметрів, які порівнювались не перевищує 10%, що вважається допустим. Але для деяких параметрів відсоток відхилення складає більше ніж 10%, що не є допустим.

Недопустиме відхилення показників може бути викликане відмінністю методів розрахунку, а саме в тому що у мембранній теорії оболонок відбувається наближення зведення тривимірного крайового завдання до двомірного. Також на зміну показників розрахунку може впливати зміна геометричних параметрів конструкції купола-оболонки, зміна умов закріплення оболонки у опорному кільці, та умов закріплення опорного кільця у нижче розташованих конструкціях (фундаменті) або ґрунті.

*С.В. Сухар, студент С.В. Шатов, д.т.н., професор  
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури  
[s.s.v.08032014@gmail.com](mailto:s.s.v.08032014@gmail.com)*

## ПЛАНЕТОХОДИ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

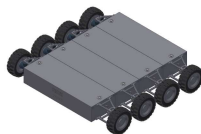
Місяць як найближчий об'єкт сонячної системи в найближчому майбутньому стане полігоном для відпрацювання нових космічних технологій безпосередньо пов'язаних зі створенням на Місяці постійно діючої бази. З огляду на важливість і актуальність цього питання ДП «КБ «Південне» та ПДАБА наряду з закордонними фахівцями розробили проекти створення промислово-дослідних баз на планетах Сонячної системи. Для всіх варіантів їх виконання потрібна розробка місячного ґрунту – реголіту. Для цього може бути використана техніка подібна до земних умов: екскаватори, бульдозери, ковшові навантажувачі. Основними вимогами до цієї техніки в умовах використання на Місяці є: можливість переміщення по перешкодам, захист їх двигунів та з'єднань від зовнішнього впливу. Аналіз пропозицій та використання на Місяці й Марсі планетоходів показав, що найбільш поширеними їх ходовими частинами є колісні та гусеничні рушії (рисунок).



*а*



*б*



*в*



*г*

*Ходове обладнання планетоходів:*

*а – гусеничне; б, в – колісне; г – незалежна підвіска коліс*

У конструкціях планетоходів модульного типу ДП «КБ «Південне» (рисунок, в) передбачається встановлення необхідної кількості рушіїв.

У конструкціях планетоходів передбачається виконання ходової частини у вигляді коліс з незалежною їх підвіскою відносно платформи та автономним приводом кожного колеса (рисунок, г), що дозволяє пересуватися цим засобом по перешкодам. Виконана діюча модель такого планетоходу, яка успішно пройшла випробування.

На платформі планетоходу може бути встановлено необхідне робоче обладнання відповідно до технологічних вимог виробництва на Місяці.

# **ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ. СИСТЕМИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ**

**Клименко Світлана Володимирівна**

кандидат технічних наук, доцент

**Міліх Михайло Макарович**

кандидат технічних наук, академік Міжнародної Академії зв'язку

*Bohdan Kosarevskiy, student, Dmytro Uzun, Associate professor  
National aerospace university "KhAI"  
[b.v.kosarevskiy@student.csn.khai.edu](mailto:b.v.kosarevskiy@student.csn.khai.edu)*

## **DEVOPS METHODS OF HELPING TO PROTECT INTELLECTUAL PROPERTY**

In DevOps and software development, intellectual property can include software code, proprietary tools and processes, and other intellectual property developed or used in the software development and delivery process. In the context of IT, there are three main categories of subjects involved in the lifecycle of a product: the developer as the owner of the software, the developer as a user of the software, and the end user. All of them interact in one way or another with intellectual property.

DevOps can propose some methods and practices to help intellectual property protection. Let's look at some of them.

Closed source code is code that is not publicly available and belongs to an individual or organization. Keeping code closed can protect intellectual property and prevent unauthorized access and use of the code. It can limit access, visibility, and provide legal protection for the code owner.

Automatic checks can be used for proper identification and record-keeping of all licenses used in code. Different tools and methods can be used for automation, including license scanning tools, dependency management tools, and code analysis tools. These tools can help identify and track the usage of licenses in code and ensure compliance with license conditions.

Using a compiled programming language instead of a scripting language can be a way of protecting intellectual property, as it can make it more difficult for others to access and understand the code. As a result, others may find it more difficult to access and understand the code, as it requires certain skills in reverse engineering and time, which may provide some level of protection for intellectual property. In general, using a compiled programming language instead of a scripting language can provide some level of protection for intellectual property.

Licenses and license servers can also help with IP protection. There are several approaches and methods for simplifying the creation and verification of licenses. These include license creation tools, activation keys or codes for software, license management tools, and license verification tools. License creation tools allow developers to specify licensing conditions and any usage restrictions for their software. Activation keys or codes are used to verify that the software is being used in accordance with the license agreement. License management tools help to manage and track the use of licenses in code. License verification tools are used to ensure compliance with license terms.

Typically, listed methods and tools are used in combination, and not separately, for a comprehensive and systematic approach to protect product. For example, a license generation algorithm, encryption standards and protocols, separate verification and validation methods, and so on are used. The license management tool helps you track issued licenses, store them, and make changes to existing licenses. Validation tools monitor and validate licenses (verify that a particular license has been obtained legally and that changes have been made to it).

*К.І. Антіпов, студент, І. Д. Колосов, студент, Ю.І. Лазарева, викладач  
Дніпровський коледж ракетно-космічного машинобудування  
[julialazareva1976@gmail.com](mailto:julialazareva1976@gmail.com)*

## ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС РОЗПІЗНАВАННЯ ТА БОРОТЬБИ З ФЕЙКАМИ У МЕРЕЖІ

**Анотація.** Робота присвячена розпізнаванню фейкової інформації в інтернеті для кожної людини в Україні за допомогою сучасних технологій. Пропонується створення програмного комплексу з фактчекінгу, який має аналізувати веб-ресурси, що відвідує користувач.

**Abstract.** The work is devoted to the recognition of fake information in the Internet for every person in Ukraine using modern technologies. It is proposed to create a software complex for fact-checking which should analyze the web resources visited by the user

**Ключові слова:** дезінформація, фейк, чекінгфейк, розширення у браузері, телеграм-бот, фреймворк, бібліотеки, REST API, IT технології.

**Keywords:** disinformation, fake, checking fake, browser extension, Telegram bot, framework, libraries, REST API, IT technologies.

Війна в усі часи не обходила без кампаній з дезінформації. Неозброєним оком дуже важко відрізнити правдиву інформацію від фейкової. Для вирішення проблеми створено програмний комплекс з фактчекінгу, який має перевіряти веб-ресурси, що відвідує користувач.

Проаналізувавши аналогічні ресурси з розпізнавання дезінформації: VoxUkraine, StopFake, Детектор медіа, Інститут масової інформації (ІМІ), – зроблено висновок, що кожен з них має свою вузьку спрямованість (економіка, політика тощо).

Вирішення проблеми полягає в спробі комплексної оцінки ресурсу на основі: створення власної бази даних недостовірних фактів; перевірки інформації про домен; перевірки інформації за допомогою оцінок користувачів; створення розширення для браузера та телеграм-боту.

Ми використовуємо пакетну екосистему Node.js з мовою програмування JavaScript для розробки розширення у браузері, що спрощує потокову передачу даних. Під час розробки телеграм-боту ми вирішили використати фреймворк Nuxt.js для Front End`а та бібліотеки dotenv, Telegraf, axios, psl, nodemon, telegraf-inline-menu.

Для постійного оновлення та взаємодії з сервером ми використовуємо сучасні технології для створення API.

Основний функціонал сервісів – це звернення до бази даних за допомогою API, а також використання деяких бібліотек Telegraf, telegraf-inline-menu для створення оптимального коду. Сервіси створюють відповідний запит за протоколом, отримують необхідні дані, обробляють їх та виводять текстове повідомлення, яке бачить користувач.

При використанні REST API нам не потрібно (для бота і розширення) створювати SQL запити до бази даних на їх стороні, достатньо використати функції, які вже задалегідь закладені в API.

Основними функціями у нашому API є: отримання оцінок, опису та тегів домену; додавання оцінок, опису та тегів домену; перевірка сайту на вміст фейків; перевірка телеграм посту або просто тексту на вміст фейків; загальна інформація про сайт.

Користувач встановлює розширення у браузері, під час його відкриття спливає overlay. У розширенні користувачі зможуть побачити: коментарі, оцінки та теги інших користувачів; залишити свій коментар, оцінку та тег домену; докладніше дізнатися про домен (коли він був створений, в якій країні, хто ліцензіар тощо).

Telegram-бот також виконує аналогічні до розширення функції.

### **Список використаних джерел**

1. Почепцов Г. Сучасні інформаційні війни / Георгій Почепцов. – Київ: Києво-Могилянська акад., 2015. – 498 с.
2. Громадська організація сприяння розвитку журналістської освіти [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://mediavista.com.ua/archives/4650>
3. Як розпізнати фейкову новину в соцмережах [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://cert.gov.ua/recommendation/30>

*О.М. Измаков, аспірант, О.М Петренко, д.т.н професор  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
[alexey\\_i2@ukr.net](mailto:alexey_i2@ukr.net)*

## **ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАДЛЯ ОБРАННЯ МЕДИЧНОЇ ПРОФЕСІЇ ЗА ПСИХОФІЗИЧНИМ АНАЛІЗОМ**

**Анотація.** Робота присвячена питанням використання інформаційно-вимірювальних технологій задля обрання медичної професії за психофізичним аналізом.

**Abstract.** The work is devoted to the use of information and measurement technologies for choosing a medical profession based on psychophysical analysis.

**Ключові слова:** класифікація, індикатори, особливості, ймовірність, вимоги.

**Keywords:** classification, indicators, features, probability, requirements.

В тепершній час багато абітурієнтів які бажають навчатися в медичних напрямках мають проблеми з вибором напрямку. Для визначення схильності до тої чи іншої професії необхідно зробити аналіз психологічних та фізичних індикаторів.

**За психологічними особливостями напрямки умовно можна поділити на такі:**

- 1) Дитячі лікарі: відповідають за здоров'я дитини (Т11).
- 2) Дорослі лікарі: відповідають за здоров'я дорослих (Т12).
- 3) Реабілітологи: відповідають як за здоров'я дитини так і за здоров'я дорослих, але при особливих обставинах та за окремими методиками (Т13)

**За фізичними особливостями напрямки умовно можна поділяються на:**

- 1) Базові фізичні вимоги: це навички для надання медичної допомоги дитячим пацієнтам та деяким групам дорослих пацієнтів без застосування фізичної сили. (В11)
- 2) Підвищені фізичні вимоги: В цей перелік входить базова фізична підготовка та спеціальна підготовка для надання медичної допомоги дорослим пацієнтам (В12)
- 3) Комбіновані специфічні вимоги: Використовуються для реабілітологів для надання допомоги як дитині так і дорослій людині за особливою методикою (В13)
- 4) Фізичні вимоги в ситуаціях надзвичайного стану: Використовуються вразі надзвичайного стану або в умовах воєнного стану (для військових лікарів) (В14).

В першу чергу необхідно виділити дані за основними фізичними і психологічними індикаторами, що приведені вище. Позначимо психологічні індикатори  $T_k$ , а фізичні  $V_j$ , де  $k, j$  порядковий номер індикаторів. Далі необхідно побудувати графічну модель, тому що її простіше інтерпретувати (рис. 1)

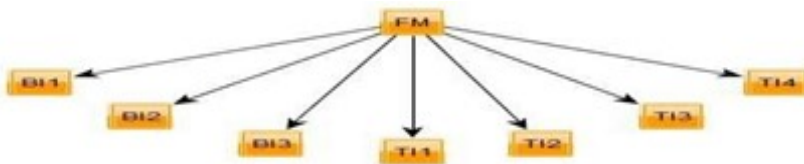


Рисунок 1 – Використання математичного аналізу для вирішення доцільності вибору обраної професії медичного напрямку.

На рисунку 1 вершині FM відповідає апріорне значення ймовірності доцільності медичного напрямку та відповідність індикаторам.

Індикатори умовно залежні один від одного, але між собою не пов'язані. Така побудова мережі називається простим дивергентним з'єднанням. Передбачається, що всі індикатори при такому способі побудови умовно незалежні між собою, але в реальності це не так. Припустимо, що спостерігалась тільки дитячі лікарі (T11) та тільки базові фізичні якості (B11). Значить, значення змінних:

$$B11 = T11 = True$$

$$B12 = B13 = T12 = T13 = T14 = False$$

Тоді ймовірність доцільності вибору обраної медичної обчислюється за такою формулою:

$$P(FM | B11, \dots, B13, T11, \dots, T14) = \frac{P(B11 | FM) * \dots * P(B13 | FM) * P(T11 | FM) * \dots * P(T14 | FM) * P(FM)}{\prod_{i,j=1}^{i=3,j=4} P(Bli | FM) * P(Tlj | FM) * P(FM) + \prod_{i,j=1}^{i=3,j=4} P(Bli | \overline{FM}) * P(Tlj | \overline{FM}) * P(\overline{FM})}$$

Застосування математичного аналізу має такі переваги:

- 1) простота побудови і інтерпретації;
- 2) робота з свідомо неточними і неповними даними;
- 3) навчання в процесі роботи з низькими обчислювальними витратами.

В данній статті представлений метод вирішення доцільності вибору обраної професії за психофізичним аналізом за допомогою математичного аналізу.

На підставі експертної думки та інших досліджень виділені основні поведінкові і фізичні індикатори для кожного медичного напрямку.

Описано навчальну математичну модель для виявлення оптимального виду медичної професії. В рамках подальших досліджень необхідно реалізувати метод із застосуванням сучасних інструментів розробки і моделювання, а також провести аналіз інших методів, придатних для вирішення поставленого завдання, і оцінку результатів їх застосування.



### Список використаних джерел

1. Маслюк Ю. А. Проблеми використання інформаційних та комунікаційних технологій у навчальній діяльності. Інновації в освіті. 2006. No 1. С. 117–123
2. Smith T, Nicassio P. Psychological practice: clinical application of the biopsychosocial model. In: Smith T, Nicassio P, editors. Managing the chronic illness. Washington: APA; 1995
3. Fergusson DM, McLeod GFH, Horwood LJ, Swain NR, Chapple S, Poulton R. Life satisfaction and mental health problems (18 to 35 years). Psychol Med. (2015)
4. Kliper R, Portuguese S, Weinshall D. Prosodic analysis of speech and the underlying mental state. In: Serino S, Matic A, Giakoumis D, Lopez G, Cipresso P, editors. Pervasive Computing Paradigms for Mental Health. Milan; Cham: Springer (2016)
5. Fan, R., Chang, K., Hsieh, C., Wang, X., Lin, C.: LIBLINEAR: a library for large linear classification. J. Mach. Learn. Res. 9, 1871–1874 (2008)

*О.М. Измалков, аспірант, О.М Петренко, д.т.н професор  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
[alexey\\_i2@ukr.net](mailto:alexey_i2@ukr.net)*

## **КЛАСИФІКАЦІЯ МЕДИЧНИХ НАПРЯМКІВ ЗА ПСИХОЛОГІЧНИМИ ТА ФІЗИЧНИМИ ОСОБЛИВОСТЯМИ ЗАДЛЯ ВИРІШЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИБОРУ ОБРАНОЇ МЕДИЧНОЇ ПРОФЕСІЇ.**

Анотація. Робота присвячена питанням класифікації медичних напрямків задля вирішення доцільності вибору обраної професії медичного напрямку за психологічними та фізичними властивостями людини, це дозволить в подальшому обрати найкращу математичну модель та визначити алгоритм взаємодії можливостей людини працювати в тому чи іншому напрямку.

Abstract. The work is devoted to the issues of classification of medical fields in order to solve the expediency of choosing a chosen profession of a medical field according to the psychological and physical properties of a person, this will allow in the future to choose the best mathematical model and determine the interaction algorithm of human capabilities to work in one or another direction.

Ключові слова: класифікація, медичні напрямки, психологічні вимоги, фізичні вимоги.

Keywords: classification, medical directions, psychological requirements, physical requirements.

В теперішній час дуже багато людей які хочуть навчатися в медичних закладах освіти та стикаються з проблемою правильного вибору спеціалізації та напрямку професії. Вирішення цієї проблеми вимагає тривалих психофізичних досліджень, які займають багато часу та грошей.

Для вирішення цієї проблематики необхідно класифікувати медичні напрямки за психологічними і фізичними якостями (індикаторами).

Класифікація медичних напрямків за психологічними особливостями.

Перша група – дитячі лікарі. Їх психологічним змістом є безпосереднє лікування дітей з урахуванням їх психологічних та фізичних особливостей.

Друга група – дорослі лікарі, де потрібно провести діагностику та аналіз дорослої людини за їх фізичними та психологічними особливостями.

Третя група - реабілітологи, ця група лікарів відповідає за реабілітацію як дітей так і дорослих з урахуванням проблематики (фізичної або психологічної)

Однією з широко поширених класифікацій медичної професії є їх угруповання по переважним вимогам до фізичних якостей:

1. Базові фізичні вимоги: : це навички для надання медичної допомоги дитячим пацієнтам та деяким групам дорослих пацієнтів без застосування фізичної сили. Приклад: дитячі лікарі, що характеризуються переважно роботою з дітьми мають відповідати за психологічне та фізичне здоров'я дитини та відповідати базовим фізичним вимогам.

2. Підвищені фізичні вимоги: В цей перелік входить базова фізична підготовка та спеціальна підготовка для надання медичної допомоги дорослим пацієнтам:

Приклад: дорослі лікарі, що характеризуються переважно роботою з дорослими мають відповідати за психологічне та фізичне здоров'я дорослої людини та мають

бути фізично витриваліші ніж дитячі лікарі в залежності від типу спеціалізації.

3. Комбіновані специфічні вимоги: Використовуються для реабілітологів для надання допомоги як дитині так і дорослій людині за особливою методикою. Приклад: реабілітологи, не обмежуються віковою категорією та мають мати специфічну психологічну та фізичну підготовку для виконання своїх посадових обов'язків в зв'язку з характером роботи.

4. Фізичні вимоги в ситуаціях надзвичайного стану: Використовуються вразі надзвичайного стану або в умовах воєнного стану (для військових лікарів). Приклад: військові лікарі, не обмежуються психологічними та фізичним обмеженнями та відповідають за здоров'я та життя людини не обмежуючись в віці пацієнта.

В данній статті представлена класифікація медичних напрямків за психологічними та фізичними особливостями обраної професії.

Ця класифікація є основою для використання інформаційно вимірювальних технологій задля визначення приналежності людини до тої чи іншої медичної професії.

### Список використаних джерел

1. Керецман А. О., Рогач І.М., Фегер О. В. Соціальна медицина та ООЗ. Модуль III. //Методичні рекомендації. – Ужгород, 2020. – 109 с.
2. Ohrnberger J, Fichera E, Sutton M. The relationship between physical and mental health: a mediation analysis. *Soc Sci Med.* (2017) 195:42–9.
3. Low DM, Bentley KH, Ghosh SS. Automated assessment of psychiatric disorders using speech: a systematic review. *Laryngoscope Investig Otolaryngol.* (2020) 5:96–116.
4. Fan, R., Chang, K., Hsieh, C., Wang, X., Lin, C.: Liblinear: a library for large linear classification. *J. Mach. Learn. Res.* 9, 1871–1874 (2008)
5. Дороніна М. С., Жданова І. В., Полякова Г. А., Тютлікова В. В. Соціальна психологія: навч. посіб. у схемах і таблицях / Харківський національний економічний ун-т. — Х. : Вид. ХНЕУ, 2009. — 127с
6. Іпатов Е. Ф., Левківський К. М., Павловський В. В. Соціальна психологія: Навч. посібник для підгот. бакалаврів усіх форм навч. / Інститут змісту і методів навчання; Національний технічний ун-т України "Київський політехнічний ін-т" — К., 1997. — 120с.
7. Кален Л. М. Психологія професійного життя особистості / Інститут психології ім. Г.С.Костюка АПН України. — К. : "Знання", 1998. — 23с.

*П.Г. Кисельов, аспірант, С.В. Клименко, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
[pkysellev@gmail.com](mailto:pkysellev@gmail.com)*

## **ВДОСКОНАЛЕННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ ВИРОБІВ З ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ ВИКОНАНИХ 3D- ДРУКОМ**

**Анотація.** Робота присвячена питанням підвищення контролю якості зварних з'єднань виробів виконаних адитивними технологіями 3D-друку за допомогою ультразвукового методу неруйнівного контролю.

**Abstract.** The work is devoted to issues of improving the quality control of welded joints of powder structural materials made by additive technologies using the ultrasonic method of non-destructive testing.

**Ключові слова:** 3D-друк, адитивні технології, контроль якості, ультразвукові методи, неруйнівний контроль.

**Keywords:** 3D-print, additive technologies, quality control, ultrasonic methods, non-destructive testing.

Проведений аналіз існуючих методів контролю якості зварних з'єднань виробів виконаних адитивними технологіями 3D-друку при відпрацюванні технології їх виготовлення показав, що для отримання ефективної технології виробництва та оптимізації вихідного компонентного складу матеріалу необхідно проводити оцінку якості після кожного технологічного процесу. На відміну від рентгенівського контролю, ультразвуковий контроль абсолютно безпечний для людини та навколишнього середовища, так само в разі дешевше та простіше у реалізації проведення випробувань неруйнівним методом контролю. Нині адитивні технології знаходять дедалі більше практичне застосування під час виробництва виробів різного призначення.

За спектром матеріалів, що використовуються в адитивних технологіях, метали і сплави найбільш практично значимі і одночасно проблематичні з точки зору отримання з них якісних виробів. Пов'язано це з тим, що продукції з металів і сплавів, поруч із вимогами точності геометричних розмірів, майже завжди пред'являються вимоги до комплексу властивостей: фізичних, механічних, хімічних і експлуатаційних. Стосовно адитивних технологій вирішення цього завдання пов'язане з подоланням двох основних проблем – необхідністю отримання вихідної якісної металевої сировини та досягнення високих температур її плавлення з метою формування монолітної кристалічної будови виробів. Ці технологічні з'єднання методом зварювання виробів, вироблених адитивними методами, покликані реалізувати потенційні можливості, що закладаються цими факторами, для досягнення необхідних властивостей. Перевірка зварювальних з'єднань – обов'язковий етап будь-яких зварювальних робіт. Завдяки ретельному контролю можна виявити явні та приховані дефекти, які надалі вплинуть на якість та довговічність усєї металевої конструкції. Звичайно, можна оцінити якість зварного шва неозброєним поглядом, але констатувати факт наявності провару (повного проплавлення) необхідно робити неруйнівними методами. Якість сплаву зварних з'єднань сильно впливає на міцність конструкцій судин, що працюють під тиском. Невідповідність зварних швів заданим характеристикам призводить до руйнувань конструкцій з катастрофічними наслідками, те саме відноситься і до систем, що працюють з

сосудами та трубопроводами під тиском. Тому після зварювальних робіт в обов'язковому порядку готовий виріб піддають випробуванням та контролю на предмет виявлення дефектів у зварних з'єднаннях. За допомогою візуального контролю ми не зможемо виявити внутрішні тріщини та непровари. Тому важливо знати додаткові методи контролю якості.

Для контролю якості зварювання застосовують ультразвуковий чи рентгенівський контроль. Рентген контроль має високий рівень іонізуючого випромінювання, так само через геометричні особливості об'єкту контролю не завжди можливо отримати якісну експозицію рентгенівського знімка, що істотно впливає на прийняття рішення щодо якості контрольованого об'єкта, тому в першу чергу слід звернути увагу на застосування ультразвукового контролю, принцип дії якого заснований на відображенні ультразвукових хвиль від межі з'єднання двох середовищ з різними акустичними властивостями. Якщо всередині металу є якісь вади, датчик зафіксує зміну відбитої хвилі. Досвідченим шляхом встановлено, що різні дефекти зварювання по-різному проявляють себе на ультразвуковому дефектоскопі. Спосіб контролю якості зварних з'єднань ультразвуком широко поширився завдяки простоті та зручності застосування відносно недорогого обладнання, безпеки використання в порівнянні з рентгенівським методом.

### Список використаних джерел

1. СОУ-Н 40.1.17.302-2005 Ультразвуковий контроль зварних з'єднань елементів котлів, трубопроводів і посудин, Київ, 2005. с. 13-19
2. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов: ГОСТ 18353-79. – [Чинний від 1980-07-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 12 с.
3. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 т. / Под ред. В.В. Клюева. Т.3: Ультразвуковой контроль / И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге. М.: Машиностроение, 2004. – 864 с.

*Б.В. Ковальов, студент, Н.О. Лисенко, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[kovalyov.b.v@gmail.com](mailto:kovalyov.b.v@gmail.com)*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ІНФОРМАТИВНОСТІ КРИТЕРІЇВ СТАТИСТИЧНОЇ ОДНОРІДНОСТІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ВИБІРОК ВИПАДКОВИХ ВЕЛИЧИН**

Анотація. В роботі проведено дослідження двох рангових критеріїв однорідності експериментальних вибірок вимірювань. Отримано експериментальні графіки залежностей оцінок середніх ймовірностей виявлення відхилення від норми, які дозволяють зробити кількісну оцінку інформативності досліджуваних критеріїв.

Abstract. The paper investigates two rank criteria for the homogeneity of experimental measurement samples. Experimental graphs of dependencies of estimates of the average probabilities of detecting a deviation from the norm are obtained, which allow a quantitative assessment of the informativeness of the studied criteria.

Ключові слова: вибірки випадкових величин, перевірка однорідності, критерій Вілкоксона, критерій Ван-дер-Вардена.

Key words: samples of random variables, homogeneity test, Wilcoxon test, Van der Warden test.

В роботі проведено дослідження інформативності та порівняльний аналіз двох потужних рангових критеріїв однорідності: критерія Вілкоксона (Манна-Уїтні) і критерія Ван-дер-Вардена. Шляхом проведення обчислювальних експериментів проведено дослідження інформативності обраних критеріїв однорідності експериментальних вибірок вимірювань. Розглянуто вибірки випадкових величин з різною довжиною ( $n=10,25,50,100$ ) та з різними законами розподілу ймовірностей, які відрізняються між собою за асиметричністю (Гауса, логістичний, Релея, Вейбулла, експоненціальний).

За результатами проведеного дослідження зроблено висновок, що інформативнішим з двох досліджуваних критеріїв є критерій Ван-дер-Вардена. Критерій Ван-дер-Вардена є більш чутливим до змін статистичних характеристик експериментальних вибірок, зберігає ефективність вірного розпізнавання на достатньому рівні при застосуванні коротких вибірок. Таким чином, критерій Ван-дер-Вардена можна рекомендувати для ефективного вирішення практичних задач контролю стану об'єктів чи систем.

### **Список використаних джерел**

1. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.
2. Ван дер Варден Б.Л. Математическая статистика – ИИЛ,1960. - 435 с.
3. Малайчук, В.П. Статистична теорія оцінювання [Текст]: Навчальний посібник / В.П. Малайчук, Н.О. Лисенко. – Дніпропетровськ: РВВ ДНУ, 2009. – 84 с.

*В.А. Левченко, студент, Д.С. Астахов, ст. викладач  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[levchenko1396@gmail.com](mailto:levchenko1396@gmail.com)*

## **ІНФОРМАТИВНІСТЬ СТАТИСТИЧНИХ КРИТЕРІЇВ ВИЯВЛЕННЯ СТРИБКІВ ВИПАДКОВИХ ВЕЛИЧИН З НЕВІДОМИМ ЗАКОНОМ РОЗПОДІЛУ ЙМОВІРНОСТІ**

Анотація. Досліджено інформативність критерію виявлення стрибків для різних видів закону розподілу ймовірності. В задачах керування іонно-плазмовим двигуном.

Abstract. The informativeness of the jump detection criterion for different types of the probability distribution law was investigated. In problems of control of an ion-plasma engine.

Ключові слова: стрибок, випадкова величина, система керування, іонно-плазмовий двигун.

Key words: jump, random variable, control system, ion-plasma engine.

В процесі роботи іонно-плазмового двигуна виникають стрибки тяги, які зумовлені нелінійною залежністю від декількох параметрів, таких як масова витрата робочого тіла, струму катоду, напруги прискорення.

Тому виникає задача виявлення цих стрибків і їх подолання для уникнення небажаних стрибків руху. Таким чином зберігається задана траєкторія руху.

Оскільки значення тяги являють собою випадкові величини з невідомим законом розподілу ймовірності, потрібен такий статистичний критерій, який буде інваріантним до будь-якого закону розподілу.

Проведено чисельні дослідження інформативності критерію Вальда-Волфовитца для випадкових величин з симетричним (логістичним) та асиметричним (експоненційним) законами розподілу ймовірності. Доведено, що цей критерій інформативний для вибірок зазначених законів розподілу, з довжиною від 20 відліків.

Критерій Вальда-Волфовитца можна використовувати для виявлення стрибків тяги іонно-плазмового двигуна з метою покращення закону керування.

### **Список використаних джерел**

1. Yanxu Pu, Xingda Li, et al., "Numerical simulation and experimental research of LRIT-30 radio frequency ion thruster", AIP Advances 11, 055313 (2021) <https://doi.org/10.1063/5.0050556>.
2. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 816 с. - ISBN 5-9221-0707-0.
3. K. Holste, P. Dietz., et al., "Ion thrusters for electric propulsion: Scientific issues developing a niche technology into a game changer", Review of Scientific Instruments 91, 061101 (2020) <https://doi.org/10.1063/5.0010134>.

*О.Д. Легенков, аспірант, Т.В. Лабуткіна, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[1997legen@gmail.com](mailto:1997legen@gmail.com)*

## **МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ У СУПУТНИКОВІЙ МЕРЕЖІ ЗВ'ЯЗКУ ПРИ ТИМЧАСОВОМУ ПЕРІОДИЧНОМУ ПЛАНОВОМУ ВИВЕДЕНІ ГРУП ВУЗЛІВ З ЇЇ СКЛАДУ**

Представлена імітаційна модель супутникової мережі комутації пакетів, призначена для дослідження мережних процесів при тимчасовому періодичному плановому виведенні груп вузлів з її складу. Вважається, що виведений вузол перестає бути присутнім у мережі на час виконання технічних операцій щодо забезпечення його функціонування. Мета досліджень із застосуванням цієї імітаційної моделі – вивчення можливості врахування програм «виключення» з мережі вузлів в алгоритмах маршрутизації даних віртуально фрагментованої супутникової мережі.

A simulation model of a satellite packet switching network is presented, intended for the study of network processes with a temporary, periodic, scheduled group of nodes removed from its composition. It is considered that the removed node ceases to be present in the network for the duration of technical operations to ensure its functioning. The purpose of research using this simulation model is to study the possibility of consideration of "exclusion" programs from the network of nodes in data routing algorithms of a virtually fragmented satellite network.

**Ключові слова:** супутникова мережа комутації пакетів, періодичне «виключення» вузлів зі складу мережі, алгоритми маршрутизації, мережне навантаження, імітаційна модель, віртуально фрагментована мережа

**Keywords:** a satellite packet switching network, periodic "exclusion" of nodes from the network, routing algorithms, network load, a simulation model, a virtual fragmented network

Невдовзі мережі комутації пакетів будуть невід'ємним базисом функціонування супутникових систем (основною, одною з основних, або базовою-допоміжною функцією кожної системи стає зв'язок, реалізований на основі міжсупутникових ліній зв'язку). В даній роботі представлена імітаційна модель супутникової мережі комутації пакетів, яка є розвитком моделі, представленої у роботі [1] і призначена для вивчення шляхів вирішення актуальних для великих супутникових мереж проблем, пов'язаних з тимчасовим періодичним плановим виведенням груп вузлів зі складу супутникової мережі. Вважається, що виведений зі складу мережі вузол перестає бути присутнім у мережі на час виконання технічних операцій щодо забезпечення функціонування космічного апарату, на основі якого представлений цей вузол. Планове (програмне) «виключення» груп вузлів зі складу мережі буде носити виїловий характер за часом і буде регулярно «розпорощено» мережею. Моделюється мережа з табличною маршрутизацією на основі вибору шляху найменшої вартості.

Вихід вузла зі складу мережі, якщо це відбувається раптово, в наслідок аварійної ситуації, – «стресова» ситуація в мережних процесах в різних аспектах, у тому числі – може призводити до «сплесків» навантаження, утворення «флуктуацій» навантаження. Якщо періодичний вихід вузла зі складу мережі заплановано, то ці процеси можна пом'якшити, забезпечивши заздалегідь «обхід» мережним



навантаженням вузла, який буде виключений з мережі, а також групи вузлів в його оточенні. Це потребує застосування спеціальних алгоритмів (зокрема, заснованих на призначенні підвищених вартостей шляхів, які ведуть до групи вузлів у оточенні того вузла, що буде «вимкнений»). Назвемо такі алгоритми алгоритмами «згладжування реакції» мережі. У такому випадку необхідно вивчення впливу правил призначення вартостей шляхів для набуття «ефекту згладжування», а також вивчення впливу тривалості інтервалу часу, з якого «алгоритм згладжування» наслідків вимикання вузла розпочинає діяти перед вимиканням вузла. Саме цей аспект відображається в імітаційній моделі. Крім того, в імітаційній моделі введено, що велика супутникова мережа комутації пакетів може бути віртуально фрагментована [2], і при плоскій маршрутизації може враховуватися, якому фрагменту (кластеру) мережі належить вузол, до якого веде лінія, якій призначається вартість. При цьому доданок, який добавляється до вартості лінії, призначається на основі низки середніх показників фрагменту мережі (кластеру), який містить цей вузол, і додається тільки при виборі маршрутів від тих вузлів, які не належать до одного з ним фрагменту [3,4]. Серед узагальнених показників фрагменту мережі, які враховуються описаним чином при маршрутизації, може бути врахована наявність (і кількість) вузлів, які «виключені» зі складу цього фрагменту. Це також відображено в імітаційній моделі.

### Список використаних джерел

1. Лабуткина Т.В. Имитационная модель спутниковой сети коммутации пакетов с разновысотными орбитальными сегментами / Т.В. Лабуткина, В.А. Ларин, В.В. Беликов, А.В. Борщева, А.А. Тихонова, Д.И. Деревяшкин. // Научно-технический журнал «Радиоэлектроника и компьютерные системы». № 1 (75), 2016. С. 66-83.
2. Лабуткина Т.В. Разбиение многоспутниковой сети на кластеры: два концептуальных решения / Т.В. Лабуткина, А.Д. Легенков, М.С. Лазарец, Я.С. Литвиненко // Scientific achievement of modern society. Abstracts of the 5th International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. Liverpool, United Kingdom. –2020. – Pp. 667-675. . URL: <https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2020/01/scientific-achievements-of-modern-society-v.pdf>
3. Лабуткина Т.В. Характеристики топологии фрагментированной на кластеры спутниковой сети / Т.В. Лабуткина, А.Д. Легенков // Scientific achievements of modern society. Abstracts of the 8th International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. Liverpool, United Kingdom. 2020. Pp. 495-504. URL: <https://lib.lntu.edu.ua/sites/default/files/2021-01/SCIENTIFIC-ACHIEVEMENTS-OF-MODERN-SOCIETY-1-3.04.2020.pdf>
4. Легенков А.Д. Балансировка нагрузки фрагментированной на кластеры спутниковой сети / А.Д. Легенков, Я.С. Литвиненко, А.С. Лазарец, Т.В. Лабуткина // Тези XXII Міжнародної молодіжної науково-практичної конференції «Людина і космос», 12-15 квітня 2020, Дніпро, Україна. – С. 84. URL: [https://spacehuman.org/\\_files/doc/sbornik2020.pdf](https://spacehuman.org/_files/doc/sbornik2020.pdf)

*Р.І. Литвиненко, аспірант, С.В. Клименко, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
[lytvynenko@ff.dnu.edu.ua](mailto:lytvynenko@ff.dnu.edu.ua)*

## ПРОГРАМНІ СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ ОБРОБКИ ДАНИХ В ЗАДАЧАХ ПСИХОМЕТРИЧНОГО КОНТРОЛЮ СТАНУ ОСОБИСТОСТІ

**Анотація.** Робота присвячена комп'ютерно-інтегрованим технологіям обробки вимірювань в задачах психометричного контролю стану особистості.

**Abstract.** The work is devoted to computer-integrated technologies for processing measurements in tasks of psychometric control of the state of the individual.

**Ключові слова:** індекс життєвого стилю, механізми психологічних захистів, статистичні методи, Java, бібліотеки для статистичної обробки даних

**Keywords:** lifestyle index, psychological defense mechanisms, statistical methods, Java, libraries for statistical data processing.

В експериментальній та прикладній психології активно застосовується тест-опитувальник «Індекс життєвого стилю» для дослідження специфіки та рівня активності механізмів психологічного захисту (МПЗ) [1]. Було розроблено опитувальник ІЖС, що включає в себе форму для заповнення персональних даних опитуваного та 97 тверджень. Було проведено теоретичне дослідження методів визначення МПЗ. Подальшим кроком є проведення статистичної обробки отриманих даних. Оскільки опитувальник був розроблений мовою програмування Java, то доцільним було проаналізувати існуючі бібліотеки для статистичної обробки у межах саме цієї мови.

Проведений аналіз існуючих бібліотек показав, що найбільш розширеними бібліотеками є Java Statistical Analysis Tool (JSAT) [2] та Apache Commons Mathematics Library [3]. JSAT має ряд функцій у своїй реалізації щоб спробувати збалансувати зручність використання для користувачів і розробку нових алгоритмів дослідниками. Обидва ці завдання виграють від певного рівня продуктивності з точки зору часу виконання, до якого прагне JSAT. Продуктивність JSAT загалом краща, ніж Weka та BudgetedSVM (Djuric та ін., 2013), і більш змішана порівняно з LIBLINEAR [2]. Той факт, що останні два написані мовою C/C++, є важливим для демонстрації того, що код Java може працювати на подібному рівні, пропонуючи переваги платформи та екосистеми Java. Велика колекція алгоритмів JSAT також дозволяє підвищити ефективність, вибравши найбільш відповідний алгоритм. Порівняно з Python, розробка в Java може бути перевагою для будь-якого алгоритму, який непросто реалізувати у векторизованому підході, який необхідний для продуктивності в більшості інтерпретованих мов. Деякі з цих алгоритмів більш практичні, ніж інші, і багато з них реалізовано здебільшого для порівняння. Це дозволяє дуже легко порівнювати з багатьма стандартними алгоритмами в літературі в рамках одного фреймворку, і жодна реалізація не матиме несправедливої переваги над іншими, просто будучи реалізованою іншою мовою.

Apache Commons Math складається з математичних функцій (наприклад, erf), структур, що представляють математичні поняття (наприклад, комплексні числа, поліноми, вектори тощо), і алгоритмів, які ми можемо застосувати до цих структур (пошук кореня, оптимізація, підгонка кривої, обчислення перетину геометричних фігур тощо). Apache Commons — це великий і серйозний проект, присвячений

розробці бібліотек Java. Деякі утиліти Apache Commons лежать в основі кількох відомих проєктів, таких як Tomcat, Hibernate тощо. Як випливає з назви, Apache Commons Math — це бібліотека для широкого спектру операцій. Статистичний пакет містить структуру та стандартні реалізації для такої описової статистики: середні арифметичні та геометричні, дисперсія і стандартне відхилення, сума, добуток, логарифмічна сума, сума квадратів значень, мінімум, максимум, медіана та проценти, переки і ексцес, перший, другий, третій і четвертий моменти.

Мова програмування Java і бібліотеки для статистичного аналізу Commons Math та JSAT створюють ідеальні умови для застосування сучасних статистичних методів вітчизняними фахівцями і студентами, оскільки дозволяють планувати дослідження з врахуванням статистичної потужності, використовувати показники величини ефектів, будувати для них довірчі інтервали, подавати результати в графічному вигляді. Для досліджень і спеціалізованих потреб JSAT має одну з найбільших колекцій алгоритмів, доступних у будь-якому фреймворку. Доступність сучасних психометричних методів забезпечить покращення стану справ з якістю вимірювання і створенням нових психологічних тестів.

### Список використаних джерел

1. Plutchik R., Kellerman H., Conte H. R. A structural theory of ego defenses and emotions / In C. E. Izard (Ed.). Emotions in personality and psychopathology. N.Y. Plenum, 1979. P. 229–257
2. Edward Raff. JSAT: Java Statistical Analysis Tool, a Library for Machine Learning
3. Commons Math: The Apache Commons Mathematics Library. Режим доступу: <https://commons.apache.org/proper/commons-math/index.html>

*М.І. Лобанов, студент, О.Д. Клименко, магістр, С.В. Клименко, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
[misha.lobanovv@gmail.com](mailto:misha.lobanovv@gmail.com)*

## **ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ЕМОЦІЙНИХ МАНІПУЛЯЦІЙ, ДЕЗИНФОРМАЦІЇ ТА ПРОПАГАНДИ В МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТ**

**Анотація.** Робота присвячена питанням безпеки в Інтернеті та протидії дезінформації за допомогою застосування створеного комплексного онлайн-застосунок.

**Abstract.** The work is devoted to issues of security on the Internet and combating disinformation using the integrated online application.

**Ключові слова:** дезінформація, пропаганда, безпека в Інтернеті, штучний інтелект, комп'ютерний зір.

**Keywords:** disinformation, propaganda, internet security, artificial intelligence, computer vision.

Психологічний устрій людини так влаштований, що сама людина схильна сильніше вірити у щось песимістичне, аніж оптимістичне. Усвідомлюючи це ствердження, пропагандисти користуються ним, тому намагаються нав'язати панічний настрій, розповідаючи те, чого нема насправді. Але не слід забувати й про мову жестів, міміку: хтось почесав потилицю, хтось відвів погляд до стелі, а хтось погладив свого носа. Все це – ймовірні ознаки того, доповідач, заздалегідь знаючи про те, що вводить своїх слухачів в оману, намагається сказати про це невербальними рефлекторними способами. Зважаючи на те, що дезінформація є свідомим введенням в оману, яке також несе загрози і шкоду, вважаємо доцільним з певними особливостями використати ці критерії для її аналізу. Дезінформація поширюється тими ж шляхами, що й будь-яка інша інформація: телебачення, радіо, Інтернет, друківані матеріали (як медіа, так і брошури, буклети тощо). Місця поширення дезінформації мають свої особливості. Досі одним із джерел залишаються друківані матеріали. Це можуть бути як засоби масової інформації, так і рекламні матеріали, політичні буклети тощо. Не можна оминати і радіо як місце поширення дезінформації. Серед українців частка людей, які отримують інформацію на радіо, швидко зменшується, проте 13% досі слухають новини на радіостанціях. До того ж телебачення є дівим майданчиком для поширення дезінформації і може завдавати значної шкоди. В Україні ризик збільшується і за рахунок того, що найпопулярніші телеканали належать представникам великого бізнесу, які мають значний вплив на політику. Інтернет є найпопулярнішим місцем отримання інформації в Україні 2020 року. За [даними](#) вже згаданого опитування, 62% респондентів отримують інформацію із соціальних мереж, 48% - з сайтів новин. Говорячи про соцмережі, поширити в них дезінформацію просто: там відсутній редакційний контроль, публікуватися може будь-який користувач, до того ж створити і поширити інформацію можна швидко і безкоштовно. До того ж саме в інтернеті контент часто стає вірусним, тобто масово поширюється користувачами зі сторінки на сторінку, з сайту на сайт тощо. Тому найбільшу увагу потрібно приділяти дезінформації у мережі Інтернет. Виходячі з аналізу різних джерел потрібно звертати увагу щодо емоційної складової особи, що є носієм цієї дезінформації. Саме тому, заручившись підтримкою нейронної мережі, яка

стрімко розвивається та здається, яка здатна замінити людину чи не в будь-якій галузі роботи, цікаво перевірити, чи зможе комплексна програма, що складається з декількох компонентів, настільки досконально вивчити поведінку людини, аби вміти виявляти наміри людини. Кажучи про програму, мається на увазі створений Telegram-бот, який оброблює надіслане користувачем власне відео або посилання на платформу YouTube (згодом перелік посилань розширюватиметься). Обробивши дані, бот надсилає у відповідь посилання на джерела, із якими працював під час аналізу, а також свій висновок: «Інформація достовірна», «Інформація потребує додаткової перевірки», «Інформація недостовірна». Одним із компонентів програми є сканування та аналіз тексту промови доповідача (ним може бути ведучий новин або кореспондент, як приклад), а також супроводжувальні емоції обличчя, що проявляє доповідач, і окремий алгоритм порівнюватиме їх. Якщо протягом тривалого часу емоційне забарвлення промови та самі емоції обличчя будуть розбігатися, програма відповідно про це повідомить. Найпростіший приклад: дискутуючи на тему політики, доповідач, заздалегідь знаючи про підміну фактів у своїй промові та емоційну маніпуляцію своїх слухачів (співрозмовників), навмисно просуває хибну інформацію, але його недоречно посмішка та/або легкий сміх видають його. Звичайно, що не слід покладатися виключно на результати аналізу, пошуку та обробки інформації програмою – щонайменше не слід забувати про похибку під час обробки одного чи декількох процесів. Також слід враховувати індивідуальні звички, особливості жестикуляції, контекст події, приховані психічні відхилення від норми тощо. Але мінімізацію цих похибок закладено як раз у комплексність програмних алгоритмів – так, роблячи пошук інформації за декількома факторами (пошук ключових часом фреймів із відео в мережі Інтернет за картинкою; пошук зазначеного посилання на відео чи його заголовку серед статей та веб-сторінок в мережі Інтернет), вже можна зменшити відсоток виникнення ймовірної похибки. Не зважаючи на те, що програмний додаток складається з вже існуючих компонентів, завдяки поєднанню їх разом можна казати про емерджентність системи, оскільки в результаті отримується нова, не досяжна складова системи – в цьому і полягає технічна особливість створеної програми.

*О.В. Любімов, студент  
Національний Аерокосмічний Університет ім. М.С. Жуковського «ХАІ»  
[oleksandr.liubimov@gmail.com](mailto:oleksandr.liubimov@gmail.com)*

## **ВИКОРИСТАННЯ МІКРО-СЕРВІСНОЇ АРХІТЕКТУРИ ПРИ ПОБУДОВІ ПЗ КУБСАТ (CUBESAT) ДЛЯ ШВИДКОЇ РОЗПОДІЛЕНОЇ РОЗРОБКИ ТА ВІДПРАЦЮВАННЯ ПЗ**

**Ключові слова:** CubeSat, Open-Source, Nanosatellite, Software Platform, Micro-service Architecture, Orchestration, Even-driven architecture, Data Validity *(українською та англійською мовами)*

### **Тези:**

Розвиток апаратного забезпечення, здешевшення кошторису постійної та оперативної пам'яті та суттєве збільшення обчислювальної потужності мікропроцесорів призвело до поширеного використання таких платформ у проєктах КубСат. Постійно зростаюча складність завдань корисного навантаження для супутників тощо, вимагає більш-сучасних засобів проєктування та розробки ПЗ. У той самий час, розглядаючи студентські проєкти, стало зрозуміло що ефективний час на розробку ПЗ становить 3-4 календарних місяці. Такі стислі та високі вимоги потребують гнучких методологій розробки ПЗ.

Класичним засобом архітектурного розгалуження ПЗ є поділ класичного монолітного рішення на мікро-сервіси. Такий поділ надає великі переваги надаючи можливості паралельної розробки окремих модулів, їх незалежного відпрацювання тощо. У той самий час такий підхід є певні вимоги до контролю цілісності та атомарності даних якими розгалужені мікро-сервіси мають обмінюватись. Практичною реалізацією такого обміну є використання проєктувального патерну ПЗ – Saga. Поєднуючи таку архітектуру з віртуалізацією на базі рішення WASM та економічно-вигідного апаратного забезпечення на базі процесорів рівня Cortex-M4F або Raspberry Pi 4 CM – пропонується сучасне рішення для КубСатів.

Невід'ємною перевагою контейнерної та сервісної архітектури є можливість відпрацювання та верифікації та валідації ПЗ за допомогою ПК. Демонстрацією такого рішення є то саме рішення WASM-Test.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО НАГЛЯДУ ЗА СТАНОМ ЗДОРОВ'Я ВОДІЯ ПІД ЧАС РУХУ**

Анотація. Робота присвячена питанням аналізу та розробки системи медичного нагляду за водіями з можливістю дослідження серцевих захворювань. В роботі проведено аналіз можливих факторів догляду та компонентної бази, котра може бути застосована для реалізації такої системи.

Abstract. The work is devoted to analysis and development of a system of medical supervision of drivers with the possibility of researching heart diseases. The paper analyzes the possible care factors and the component base that can be used to implement such a system.

Ключові слова: система, догляд, водій, сенсор, медицина, процесор, електрокардіограма, сигнал.

Keywords: system, care, driver, sensor, medicine, processor, electrocardiogram, signal.

Мета і напрямок роботи. Метою є покращення рівню безпеки водія з можливими серцевими порушеннями за допомогою удосконалення існуючих систем нагляду за водієм під час керування автомобілю. Підвищення рівню безпеки досягається за допомогою додавання спеціальних датчиків ЕКГ, ФПГ, кров'яного тиску та стетоскопії (мікрофони) в елементи безпеки та керування автомобілю, таким чином щоб досягти необхідного контакту з тілом водія. Інформація з таких сенсорів зчитується за допомогою додаткового програмного забезпечення для одного з бортових процесорів автомобіля та/або додавання окремого контролеру для зчитування та цифрової обробки сигналів з сенсорів. Для реалізації цього необхідне інтегрування додаткового ПЗ, яке буде виконувати наступні функції[1, с.1]: реалізація механізму керування сенсором ЕКГ, ППГ MAX86150[2, с.1] - драйвер написаний мовою програмування С; реалізація управління помпою та клапаном, які використовуються в системі вимірювання тиску; зчитування температури з високоточних ІЧ та кантатних термометрів; ініціалізація та зчитування інформації з MEMS-мікрофонів та переробка

їх з сирого PDM формату в готовий до використання та переведення в аудіо файл PCM, наприклад IMP34DT05; нейронна мережа для аналізу отриманих даних, або інший механізм цифрової обробки даних який може бути застосований для визначення відхилень(фільтрація, знаходження піків сигналів). Можливими є наступні мікроконтролери, для використання в такій системі: STM32F47/M[3, с.1], NXP i.MX6-8 як процесор, Rockchip RK3566 та інші. Приведені приклади є найбільш актуальними на даний момент за достатністю основних робочих параметрів.

Актуальність. Актуальність такої системи очевидна. За статистикою на 2020 рік в Україні було 245 діючих водіїв на 1000 осіб. Необхідною умовою для керування автомобілем є знаходження в максимально сконцентрованому та здоровому стані та стежити за своїм станом, під час їзди. Керування автомобілем потребує максимальної уваги за дорожньою ситуацією, тому водій не завжди може звернути увагу на те що йому стає зле без стороннього догляду. Є багато систем, які допомагають у керуванні.

Деякі з таких систем – системи паркування, ABS, ESP, камери, системи безпеки, системи допомоги водієві та інші. Здоров'я водія та оточуючих - це найголовніше для транспортних засобів. Система допомагає запобігти ДТП на дорозі та стежить за основними параметрами здоров'я водія. Він може повідомити або запобігти деяким ситуаціям залежно від складності автомобільного набору. Такі системи також можна використовувати для простого неінвазивного моніторингу стану здоров'я медичним персоналом.

Висновки. Проведено аналіз можливостей в реалізації системи догляду за станом здоров'я водія, приведено частковий план реалізації програмної частини такої системи та доведено її актуальність.

### Список використаних джерел

1. National Library of medicine (2019): “Universal Pre-Ejection Period Estimation Using Seismocardiography: Quantifying the Effects of Sensor Placement and Regression Algorithms”, available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5983029/#!po=52.9851>
2. Datasheets.maximintegrated (2018): “Integrated Photoplethysmogram and Electrocardiogram Bio-Sensor Module For Mobile Health”, available at: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX86150.pdf>
3. STMicroelectronics (2022) : “STM32 Dynamic Efficiency MCU with BAM, Highperformance and DSP with FPU, Arm Cortex-M4 MCU with 1 Mbyte of Flash memory, 100 MHz CPU, ArtAccelerator, DFSDM”, available at: <https://www.st.com/en/micro-controllers-microprocessors/stm32f412cg.html>.



*Г.К. Ніз'єв, студент, Н.О. Лисенко, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[george.step.it@gmail.com](mailto:george.step.it@gmail.com)*

## **ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ КРИТЕРІЇВ ПЕРЕВІРКИ ОДНОРІДНОСТІ ВИБІРОК ВИМІРЮВАНЬ ВИПАДКОВИХ ВЕЛИЧИН**

Анотація. В роботі розглянуто три критерія перевірки однорідності експериментальних вибірок вимірювань. Шляхом проведення обчислювальних експериментів проведено порівняльну оцінку досліджуваних критеріїв. Зроблено висновки та рекомендації щодо застосування цих критеріїв на практиці.

Abstract. The paper considers three criteria for checking the homogeneity of experimental measurement samples. A comparative evaluation of the studied criteria is carried out by means of computational experiments. Conclusions and recommendations for the application of these criteria in practice are made.

Ключові слова: вибірки випадкових величин, перевірка однорідності, критерій Вілкоксона, критерій знаків, критерій  $n$ -омега-квадрат.

Key words: samples of random variables, homogeneity test, Wilcoxon test, sign test,  $n$ -omega-square test.

Метою даної роботи є дослідження ефективності критеріїв перевірки однорідності вибірок вимірювання. В роботі проведено порівняльну оцінку ефективності трьох критеріїв: критерія Вілкоксона, критерія знаків та  $n$ -омега-квадрат. Отримано результати для вибірок випадкових величин з різною довжиною ( $n = 25; 50; 100$ ) та різними законами розподілу ймовірностей. Шляхом проведення обчислювальних експериментів отримано експериментальні графіки залежностей оцінок середніх ймовірностей виявлення відхилення від норми, які дозволяють зробити кількісну оцінку ефективності досліджуваних критеріїв однорідності вибірок.

За результатами дослідження зроблено висновок, що більш ефективним з трьох досліджуваних критеріїв є критерій Вілкоксона. Інші, більш прості з обчислювальної точки зору, критерії поступаються йому ефективністю, але в незначній мірі. Критерій Вілкоксона характеризується більш високими показниками ймовірності прийняття рішення, отже є чутливішим до змін статистичних характеристик експериментальних вибірок. Таким чином, критерій Вілкоксона рекомендовано використовувати на практиці при вирішенні задач дефектоскопії та неруйнівного контролю.

### **Список використаних джерел**

1. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. -М.:ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.
2. Kanji G.K. 100 statistical tests. — London: SAGE Publications, 2006. – 242 p.
3. Даутов Т.И. Критерий знаков // Кафедра математической статистики ИВМиИТ КФУ, 2020. – 8 с. [Ел.ресурс] URL: [https://kpfu.ru/portal/docs/F2021020738/NPS\\_25.Kriterij.znakov.Dautov.pdf](https://kpfu.ru/portal/docs/F2021020738/NPS_25.Kriterij.znakov.Dautov.pdf) (дата звернення: 20.02.2023 р.)

*І.В. Синуков, аспірант, В.П. Малайчук, д.т.н., професор  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
[syniukov@ftf.dnu.edu.ua](mailto:syniukov@ftf.dnu.edu.ua)*

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРО КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

**Анотація.** Робота присвячена питанням оптимізації методів обробки цифрових зображень у задачах неруйнівного контролю технічних об'єктів за допомогою комп'ютерного інтегрованих технологій.

**Abstract.** The work is devoted to the optimization of digital image processing methods in the tasks of non-destructive control of technical objects with the help of computer-integrated technologies.

**Ключові слова:** обробка цифрових зображень, комп'ютерно-інтегровані технології, нейороноподібні методи, оптичне розпізнавання, неруйнівний контроль.

**Keywords:** digital image processing, computer-integrated technologies, neuron-like methods, optical recognition, non-destructive testing.

Комп'ютерний зір або Комп'ютерне бачення — теорія та технологія створення машин, які можуть проводити виявлення, стеження та визначення об'єктів. Як наукова дисципліна, комп'ютерний зір належить до теорії та технології створення штучних систем, які отримують інформацію у вигляді зображень. Відеодані можуть бути представлені у вигляді багатьох форм, таких як відеопослідовність, зображення з різних камер або тривимірними даними з медичного сканера. Як технологічна дисципліна, комп'ютерний зір прагне застосувати теорії та моделі комп'ютерного зору до створення систем комп'ютерного зору. Прикладами таких систем можуть бути: системи керування процесами (промислові роботи, автономні транспортні засоби) системи відеоспостереження системи організації інформації (наприклад, для індексації баз даних зображень) системи моделювання об'єктів або навколишнього середовища (аналіз медичних зображень, топографічне моделювання) системи взаємодії (наприклад, пристрої введення для систем людино-машинної взаємодії). Комп'ютерний зір також може бути описаний як доповнення (але не обов'язково протилежність) біологічному зору. У біології вивчається зорове сприйняття людини і різноманітних тварин, в підсумку створюються моделі роботи таких систем в термінах фізіологічних процесів. Комп'ютерний зір, з іншого боку, вивчає і описує системи комп'ютерного зору, які виконано апаратно або програмно. Міждисциплінарний обмін між біологічним та комп'ютерним зором виявився досить продуктивним для обох наукових галузей. Підрозділи комп'ютерного зору охоплюють відтворення дій, виявлення подій, стеження, розпізнавання образів, відновлення зображень.

Системи машинного зору запрограмовані на виконання вузькоспеціалізованих задач, таких як підрахунок об'єктів на конвєсєрі, зчитування серійних номерів або пошук поверхневих дефектів. Користь системи візуального дослідження на основі машинного зору полягає у високій швидкості роботи зі збільшенням обігу, можливості 24-годинної роботи та точності вимірювань, що повторюються. Оскільки перевага машин над людиною полягає у відсутності втомлюваності, хвороб або неуважності. Але поруч з тим люди володіють тонким сприйняттям протягом короткого періоду та більшою гнучкістю в класифікації і адаптації до пошуку нових

дефектів. Комп'ютери не можуть «бачити» таким же чином, як це робить людина. Фотокамери не еквівалентні системі зору людини, і в той час як люди можуть спиратись на здогадки і припущення, системи штучного зору повинні «бачити» шляхом вивчення окремих пікселів зображення, обробляючи їх і намагаючись зробити висновки за допомогою бази знань і набору функцій таких, як пристрій розпізнавання образів. Хоча деякі алгоритми машинного зору були розроблені, щоб імітувати зорове сприйняття людини, більша кількість унікальних методів були розроблені для обробки зображень і визначення відповідних властивостей зображення.

Більшість методів обробки одновимірних сигналів (наприклад, медіанний фільтр) застосовні і до двовимірних сигналів, якими є зображення. Деякі з цих одновимірних методів значно ускладнюються з переходом до двовимірних сигналів. Обробка зображень вносить сюди кілька нових понять, таких як зв'язність і ротаційна інваріантність, які мають сенс тільки для двовимірних сигналів. У обробці сигналів широко використовуються перетворення Фур'є, а також вейвлет-перетворення і фільтр Габора. Обробку зображень поділяють на обробку в просторовій області (перетворення яскравості, гама-корекція і т. д.) і частотній (перетворення Фур'є, і т. д.). Перетворення Фур'є дискретної функції (зображення) просторових координат є періодичним по просторових частотах з періодом  $2\pi$ .

### Список використаних джерел

1. Ніксон, Марк; Агуадо, Альберто. Вилучення функцій і обробка зображень для комп'ютерного зору (4-е видання), 2019;
2. Нейроподібні методи, алгоритми та структури обробки зображень у реальному часі: монографія / Ю. М. Рашкевич, Р. О. Ткаченко, І. Г. Цмоць, Д. Д. Пелешко. М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». — Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2014.
3. Л. Шапиро, Дж. Стокман. Комп'ютерний зір = Computer Vision. — М. : Бинном. Лабораторія знань, 2006

*І.В. Синюков, аспірант, В.П. Малайчук, д.т.н., професор  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
[syniukov@ftf.dnu.edu.ua](mailto:syniukov@ftf.dnu.edu.ua)*

## **КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ В ЗАДАЧАХ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ**

**Анотація.** Робота присвячена питанням оптимізації методів обробки цифрових зображень у задачах неруйнівного контролю технічних об'єктів за допомогою комп'ютерного інтегрованих технологій.

**Abstract.** The work is devoted to the optimization of digital image processing methods in the tasks of non-destructive control of technical objects with the help of computer-integrated technologies.

**Ключові слова:** обробка цифрових зображень, комп'ютерно-інтегровані технології, нейроноподібні методи, оптичне розпізнавання, неруйнівний контроль.

**Keywords:** digital image processing, computer-integrated technologies, neuron-like methods, optical recognition, non-destructive testing.

Комп'ютерний зір або Комп'ютерне бачення — теорія та технологія створення машин, які можуть проводити виявлення, стеження та визначення об'єктів. Як наукова дисципліна, комп'ютерний зір належить до теорії та технології створення штучних систем, які отримують інформацію у вигляді зображень. Відеодані можуть бути представлені у вигляді багатьох форм, таких як відеопослідовність, зображення з різних камер або тривимірними даними з медичного сканера. Як технологічна дисципліна, комп'ютерний зір прагне застосувати теорії та моделі комп'ютерного зору до створення систем комп'ютерного зору. Прикладами таких систем можуть бути: системи керування процесами (промислові роботи, автономні транспортні засоби) системи відеоспостереження системи організації інформації (наприклад, для індексації баз даних зображень) системи моделювання об'єктів або навколишнього середовища (аналіз медичних зображень, топографічне моделювання) системи взаємодії (наприклад, пристрої введення для систем людино-машинної взаємодії). Комп'ютерний зір також може бути описаний як доповнення (але не обов'язково протилежність) біологічному зору. У біології вивчається зорове сприйняття людини і різноманітних тварин, в підсумку створюються моделі роботи таких систем в термінах фізіологічних процесів. Комп'ютерний зір, з іншого боку, вивчає і описує системи комп'ютерного зору, які виконано апаратно або програмно. Міждисциплінарний обмін між біологічним та комп'ютерним зором виявився досить продуктивним для обох наукових галузей. Підрозділи комп'ютерного зору охоплюють відтворення дій, виявлення подій, стеження, розпізнавання образів, відновлення зображень.

Системи машинного зору запрограмовані на виконання вузькоспеціалізованих задач, таких як підрахунок об'єктів на конвеєрі, зчитування серійних номерів або пошук поверхневих дефектів. Користь системи візуального дослідження на основі машинного зору полягає у високій швидкості роботи зі збільшенням обігу, можливості 24-годинної роботи та точності вимірювань, що повторюються. Оскільки перевага машин над людиною полягає у відсутності втомлюваності, хвороб або неуважності. Але поруч з тим люди володіють тонким сприйняттям протягом

короткого періоду та більшою гнучкістю в класифікації і адаптації до пошуку нових дефектів. Комп'ютери не можуть «бачити» таким же чином, як це робить людина. Фотокамери не еквівалентні системі зору людини, і в той час як люди можуть спиратись на здогадки і припущення, системи штучного зору повинні «бачити» шляхом вивчення окремих пікселів зображення, обробляючи їх і намагаючись зробити висновки за допомогою бази знань і набору функцій таких, як пристрій розпізнавання образів. Хоча деякі алгоритми машинного зору були розроблені, щоб імітувати зорове сприйняття людини, більша кількість унікальних методів були розроблені для обробки зображень і визначення відповідних властивостей зображення.

Більшість методів обробки одновимірних сигналів (наприклад, медіанний фільтр) застосовні і до двовимірних сигналів, якими є зображення. Деякі з цих одновимірних методів значно ускладнюються з переходом до двовимірних сигналів. Обробка зображень вносить сюди кілька нових понять, таких як зв'язність і ротаційна інваріантність, які мають сенс тільки для двовимірних сигналів. У обробці сигналів широко використовуються перетворення Фур'є, а також вейвлет-перетворення і фільтр Габора. Обробку зображень поділяють на обробку в просторовій області (перетворення яскравості, гама-корекція і т. д.) і частотній (перетворення Фур'є, і т. д.). Перетворення Фур'є дискретної функції (зображення) просторових координат є періодичним по просторових частотах з періодом  $2\pi$ .

### Список використаних джерел

1. Ніксон, Марк; Агуадо, Альберто. Вилучення функцій і обробка зображень для комп'ютерного зору (4-е видання), 2019;
2. Нейроподібні методи, алгоритми та структури обробки зображень у реальному часі: монографія / Ю. М. Рашкевич, Р. О. Ткаченко, І. Г. Цмоць, Д. Д. Пелешко. М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». — Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2014.
3. Л. Шапиро, Дж. Стокман. Комп'ютерний зір = Computer Vision. — М. : Бинном. Лаборатория знаний, 2006

А.А. Слаква, студент, Н.О. Лисенко, кандидат технічних наук, доцент  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[antonamlet@gmail.com](mailto:antonamlet@gmail.com)

## ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ КЛАСИЧНОГО ТА МОДИФІКОВАНОГО КРИТЕРІЇВ ВАН-ДЕР-ВАРДЕНА

Анотація. Розроблено інформаційну технологію для оцінювання ефективності критерія Ван-дер-Вардена в його класичній та модифікованій реалізаціях. Проведено дослідження та порівняльний аналіз ефективності для вибірок випадкових величин з різними законами розподілу ймовірностей.

*Abstract. The information technology for evaluating the effectiveness of the Van der Warden criterion in its classical and modified implementations has been developed. A study and comparative analysis of the efficiency for samples of random variables with different laws of probability distribution are carried out.*

Ключові слова: розпізнавання, математична статистика, випадкові величини, критерій Ван-дер-Вардена, емпіричні ймовірності.

Key words: recognition, mathematical statistics, random variables, Van der Warden's criterion, empirical probabilities.

Інформація про стан технічних об'єктів опосередковано міститься у вибірках експериментальних вимірювань. Статистичні закономірності цих вимірювань, як правило, є невідомими. Для вирішення задач контролю стану об'єктів застосовують рангові критерії, які є непараметричними і не потребують знань статистичних закономірностей випадкових величин. Одним з потужних рангових критеріїв є критерій Ван-дер-Вардена, який існує в двох реалізаціях.

В роботі розроблено інформаційну технологію оцінки ефективності класичного та модифікованого критеріїв Ван-дер-Вардена. Проведено обчислювальні експерименти з використанням вибірок випадкових величин з різними законами розподілу ймовірностей, а саме з розподілами Гауса, Релея, Гама, логістичним та експоненціальним. За результатами проведеної роботи можна зробити висновок про ефективність класичного та модифікованого критеріїв Ван-дер-Вардена в задачах контролю стану об'єктів. Модифікований критерій характеризується зменшенням обчислювальної складності, що робить його привабливим для застосування на практиці.

### Список використаних джерел

1. Ван дер Варден Б.Л. Математическая статистика. – М.: Издательство иностранной литературы, 1960. – 434 с.
2. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. -М.:ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.
3. Малайчук В.П. Обробка вимірювань і сигналів неруйнівного контролю [Текст]: навч. посіб. / В.П. Малайчук, О.М. Петренко, В.Ф. Рожковський. – Д.: РВВ ДНУ, 2010. – 140 с.

*В.П. Трофименко, студент, С.В. Клименко, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[trofimenko668@gmail.com](mailto:trofimenko668@gmail.com)*

## **СИСТЕМИ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ НА БАЗІ ПОЛЬОТНОГО КВАДРОКОПТЕРА**

**Анотація.** Розглянуто переваги системи відеоспостереження на базі польотно-го квадрокоптера

**Abstract.** The advantages of a video surveillance system based on a flight ATV have been considered

**Ключові слова:** квадрокоптер, камера, спостереження, відео, зображення.

**Keywords:** quadcopter, camera, surveillance, video, picture

На сьогоднішній день квадрокоптери мають дуже великий попит, тому інновації та збільшення інвестицій в цій галузі продовжують виводити на ринок більш досконалі вироби. Використання квадрокоптерів стало звичним явищем серед професіоналів у різних сферах. Оснащені камерами, квадрокоптери зробили величезний крок вперед у комерційному та особистому використанні.

Мета камери квадрокоптера – покрити велику площу обзору, а також забезпечити точку огляду, невидиму з землі, і часто в умовах, недоступних або небезпечних для людей. Це дозволяє користувачам отримувати вид з висоти пташиного польоту, дозволяючи збирати дані, зображення та відео для різних цілей. Передавати відео з квадрокоптерів можливо завдяки Wi-Fi, Bluetooth або радіочастоти. Смартфон або контролер можна використовувати для керування різними налаштуваннями камери для кращих знімків. Відеоспостереження на основі квадрокоптера пропонує кілька переваг перед традиційними методами спостереження, та вирішує деякі недоліки, серед яких: мобільність: квадрокоптери можуть легко, забезпечувати більш гнучкий варіант спостереження, ніж стаціонарні камери; високоякісні зображення: квадратокоптери можуть бути оснащені камерами з високою роздільною здатністю; економічність: вони вимагають менше робочої сили і можуть надавати більш детальну інформацію, ніж стаціонарні камери; широка зона покриття: квадрокоптери можуть швидко і ефективно охоплювати великі території, забезпечуючи пташиний огляд всієї площі. Це робить їх ідеальними для спостереження за великими подіями, відстеження дикої природи, а також моніторингу великих будівельних майданчиків. У воєнні часи камери, які використовують на квадрокоптерах – це очі воєних. Тому дуже важливе значення та актуальність мають саме відеокамери у квадрокоптерах.

### **Список використаних джерел**

1. Нечипоренко О.М. Основи надійності літальних апаратів. Навчальний посібник з грифом МОН. Київ : НТУУ «КПІ», 2010. 240 с. Бібліогр.: с. 235–239. ISBN 978-966-622-502-6.

УДК621.396.946

Г.П.Химич<sup>1</sup>, В.Л.Дунець, к.т.н., доцент<sup>1</sup>, К.Г.Корнєєв, аспірант<sup>2</sup>, І.В.Пиць<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

<sup>2</sup>ДП «ВО Південний машинобудівний завод ім. О. М. Макарова»

<sup>3</sup>Корпорація «Науковий парк «Інноваційно-інвестиційний кластер Тернопілля»  
[sciencepark.t@gmail.com](mailto:sciencepark.t@gmail.com)

## ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНА МЕРЕЖА ОБМІНУ ДАНИХ ТЕЛЕМЕТРІЇ МІЖ НАДШВИДКІСНИМ ЛІТАЮЧИМ ОБ'ЄКТОМ (РАКЕТОЮ) ТА НАЗЕМНОЮ СТАНЦІЄЮ

Анотація. Дана інформація відноситься до науково – практичного створення специфічної телекомунікаційної мережі обміну даних телеметрії між надшвидкісним об'єктом (ракетою), яка рухається балістичною траєкторією і наземною станцією збору, обробки та аналізу отриманої інформації.

Abstract. This information refers to the scientific and practical creation of a specific telecommunications network for the exchange of telemetry data between a high-speed object (missile) moving along a ballistic trajectory and a ground station for collecting, processing and analyzing the received information.

Ключові слова: надшвидкісний літаючий об'єкт (ракета), телекомунікаційна мережа, обмін даних .

Keywords: high-speed flying object (missile), telecommunication network, data exchange.

Створення надійної з міні ймовірністю помилок в отриманні інформації передачі даних телеметрії від надшвидкісного літального об'єкту (ракети) до приймальної наземної станції є важливим завданням в умовах ведення війни, що описане у даному дослідженні. Схематичне зображення мережі показано на рис.1.



Рисунок 1. Структурна схема телекомунікаційної мережі обміну даних телеметрії

Програмне забезпечення виконано на базі ядра Linux. Основні інформаційні характеристики каналу: швидкість передавання інформації, пропускна здатність. Швидкість передавання інформації каналом зв'язку  $R_k$  визначається за взаємною ентропією між входом і виходом каналу:  $R_k = H_{vz}(B, V) / T$ . Пропускна здатність каналу  $C$  – max швидкість передавання інформації каналом зв'язку:  $C = \max R_k$ . Деякі технічні характеристики мережі: потужність передавача  $\leq 12W$ , швидкість передачі даних –  $4^*800$  ( $9^*600$ )bit/sec, чутливість приймача –  $0,4\text{мкВ}$ , частотний діапазон – VHF high band, послідовний порт з PC –  $115^*200$  bit/sec. Створений натурний взірець, проведені випробування і виконані дослідження.



# **ВИПРОБУВАННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ТА ЇХ СИСТЕМ. МЕТОДИ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ**

**Гусарова Ірина Олександрівна**  
доктор технічних наук, старший дослідник

В.С. Бейцун, аспірант<sup>1</sup>, інженер<sup>2</sup>; С.В. Тарасов, к.т.н., с.н.с.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара

<sup>2</sup>Інститут транспортних систем і технологій НАН України “Трансмаг”

[beitsun98@gmail.com](mailto:beitsun98@gmail.com)

## МЕТОДИ ФОТО- ТА ВІДЕОГРАМЕТРИЇ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ДИНАМІКИ ПРОСТОРОВО РОЗВИНЕНИХ КОСМІЧНИХ СИСТЕМ

Розглянуто методи фото- та відеограмметрії як можливості для дослідження динаміки моделі маніпулятора. Отримано результати точності вимірювань при виконанні фотограмметричних експериментів.

The methods of photo- and videogrammetry are considered as possibilities for studying the dynamics of the manipulator model. The results of measurement accuracy during photogrammetric experiments were obtained.

**Ключові слова:** дослідження динаміки, космічні системи, відеограмметрія, фотограмметрія.

**Keywords:** dynamics research, space systems, videogrammetry, photogrammetry.

Експериментальні дослідження динаміки просторово розвинених трансформованих космічних конструкцій - маніпуляторів, антен, сонячних панелей - вимагають застосування високоточних та достовірних методів вимірювань [1, 2]. Одним з високоефективних сучасних методів визначення і аналізу форм, положень та траєкторій трансформованих об'єктів є фото- та відеограмметрія. Використовуючи набір відкаліброваних цифрових камер та підготувавши область зйомки, можна досягти високої точності вимірювань [3]. Фото- чи відеограмметричний експеримент можна поділити на декілька етапів: калібрування камер, підготовка досліджуваної моделі (установка маркерів стеження), підготовка зони зйомки (налаштування освітлення, установка статичних маркерів, налаштування камер), зйомка, отримання та аналіз результатів. Траєкторія кожного маркеру стеження може бути розрахована у компонентах переміщень та обертання, за умови прив'язки до статичного маркеру.

Авторами були отримані результати фотограмметричних експериментів для моделі дволанкового маніпулятора, який було встановлено на макет зневаження. Досліджувалася геометрія системи в різних положеннях розкриття маніпулятора. Похибка вимірювань складала 0,1 - 0,15 мм на розмірі 700,5 мм.

### Список використаних джерел

1. Pappa R. S., Giersch L. R., Quagliaroli J. M. Photogrammetry of a 5m inflatable space antenna with consumer digital cameras // *Experimental Techniques*. 2001. Vol. 25. P. 21-29.
2. Pappa R. S., Thomas W. J., Black J. T. et al. Photogrammetry methodology for Gossamer spacecraft structures // *Sound & Vibration*. 2002. Vol. 36(8).
3. Peck L. R., Cheng Mu-Hua The accuracy of an optimized, practical close-range photogrammetry method for vehicular modeling // *SAE International Journal of Transportation Safety*. 2016. Vol. 4. No. 2. P. 245-266.

*О.М. Мінай, начальник сектору  
Державне підприємство  
«Конструкторське бюро «Південне» ім. М.К. Янгеля»  
[minayan1976@gmail.com](mailto:minayan1976@gmail.com)*

## **ВПЛИВ НА КАПІЛЯРНУ УТРИМНУ ЗДАТНІСТЬ СІТЧАСТИХ РОЗДІЛЬНИКІВ ФАЗ ЇХ ТРИВАЛОГО ПЕРЕБУВАННЯ У КОМПОНЕНТАХ РАКЕТНОГО ПАЛИВА**

**Анотація.** Автором проведено аналіз результатів багаторічних експериментальних та теоретичних досліджень впливу тривалого перебування СРФ у компонентах рідкого ракетного палива –  $N_2O_4$  і  $(CH_3)_2N_2H_2$ , та встановлено ступінь зміни КУЗ в продовж часу.

**Ключові слова:** космічний літальний апарат, капілярний забірний пристрій, сітчастий роздільник фаз, капілярна утримна здатність, крайовий кут контакту, подовження терміну експлуатації.

**Annotation.** The author analyzed the results of many years of experimental and theoretical research on the effect of long-term presence of mesh phase separators in the components of liquid rocket fuel -  $N_2O_4$  and  $(CH_3)_2N_2H_2$ , and determined the degree of change in the capillary holding capacity over time.

**Keywords:** spacecraft, capillary propellant management devices, mesh phase separators, regional angle of contact, service life extension.

Можливість багаторазового вмикання двигуну в умовах невагомості у космічних літальних апаратах (КЛА) з довгим терміном експлуатації (15 і більше років) забезпечується завдяки оснащення їх паливної системи капілярними забірними пристроями (КЗП). Роль основного, або допоміжного капілярного роздільника фаз у різних типах КЗП виконують металеві ткані сітки з чарунками мікронних розмірів, які у цьому випадку називають – сітчастими роздільниками фаз (СРФ). До їх основного проектного параметра належить капілярна утримна здатність (КУЗ), яка відповідає за максимальний перепад статичного тиску на СРФ, при якому не відбувається проникнення крізь чарунки сітки газової фази [1, 2].

Однак під час довгого терміну експлуатації КЛА, двигуни яких живляться хімічно агресивними паливами у СФР може змінюватися КУЗ.

До причин зміни КУЗ можна віднести утворення на поверхні дроту сіток плівок, гелів, опадів внаслідок корозійних процесів, при тривалому впливі агресивних палив та їх парів на конструкційні матеріали сіток, що, крім зміни геометричних розмірів дроту та чарунок сітки, також може вплинути і на величину крайового куту контакту палива з матеріалом сітки, та призвести до критичного зниження КУЗ [3].

Автором проведено аналіз результатів багаторічних експериментальних та теоретичних досліджень впливу тривалого перебування СРФ у компонентах рідкого ракетного палива –  $N_2O_4$  і  $(CH_3)_2N_2H_2$ , та встановлено ступінь зміни КУЗ в продовж часу.

Визначено величину зниження КУЗ СРФ за 31 рік їх перебування у  $N_2O_4$  і  $(CH_3)_2N_2H_2$ . Проведено аналіз основних факторів, що вплинули на зміну КУЗ СРФ: рівномірних корозійних уражень, та локальних змін мікроструктури конструкційного матеріалу сіток, а також зміну значення крайового кута контакту палива з матеріалом сіток.

Отримані результати дозволяють при проектуванні КЗП досить точно прогнозувати збереження працездатності СРФ після їх тривалого перебування у  $N_2O_4$  і  $(CH_3)_2N_2H_2$ , що гарантує можливість безаварійного багаторазового запуску двигуну КЛА в умовах невагомості під час їх експлуатації до 30 і більше років.

### Список використаних джерел

1. Багров В. В., Курпатенков А. В., Поляев В. М. Синцов А. Л. Капиллярные системы отбора жидкости из баков Космических летательных аппаратов / под ред. В. М. Поляева. М.: УНПЦ «Энергомаш», 1997. 328 с.
2. Шевченко Б. А. Расчетный и экспериментальный метод разработки средств забора компонентов из баков летательных аппаратов с жидкостным ракетным двигателем : дис. канд. тех. наук : 05.07.02. Днепропетровск, 1990. 209 с.
3. Minai O. Influence of long-term stays of elements of capillary intake devices in liquid propellant components on their parameters / O. Minai, O. Ivanov, I. Siedykh // Aerospace Research in Bulgaria. – Sofia, 2020. – Vol. 32. – P. 175 – 192. DOI: <https://doi.org/10.3897/arb.v32.e15>

*О.М. Мінай, начальник сектору,  
А. І. Логвиненко, к.т.н. головний науковий співробітник  
Державне підприємство  
«Конструкторське бюро «Південне» ім. М.К. Янгеля»  
[minayan1976@gmail.com](mailto:minayan1976@gmail.com)*

## **ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ УДАРНОЇ ВЗАЄМОДІЇ КУЛІ З БАГАТОШАРОВОЮ БРОНЬОВАНОЮ ПЕРЕШКОДАЮ**

**Анотація.** Розроблена чисельна розрахункова модель визначення параметрів міцності при ударній взаємодії кулі з багатошаровою броньованою перешкодою, що має застосовуватися як основний захисний елемент бронезилетів, або плитоносок.

Моделювання виконано за допомогою програмного продукту ANSYS Explicit Dynamics, який має за основу потужний розрахунковий модуль міцності – Autodyn.

**Ключові слова:** чисельне моделювання, ударна взаємодія, багатошарова броньована перешкода.

**Annotation.** Numerical calculation model for determining the strength parameters during impact interaction of a bullet with a multi-layer armored obstacle, which should be used as the main protective element of body armor or plate carriers, has been developed.

The simulation was performed using the ANSYS Explicit Dynamics software product, which is based on a powerful strength calculation module – Autodyn.

**Keywords:** numerical calculation, impact interaction, multilayer armored obstacle.

Розроблена чисельна розрахункова модель визначення параметрів міцності при ударній взаємодії кулі з багатошаровою броньованою перешкодою, що має застосовуватися як основний захисний елемент бронезилетів, або плитоносок.

Моделювання виконано за допомогою програмного продукту ANSYS Explicit Dynamics, який має за основу потужний розрахунковий модуль міцності – Autodyn.

Застосовані моделі міцності Джонсона – Кука, лінійного рівняння стану ударної адиабати, та рівняння стану Грюнайзена, які гарно зарекомендували себе при вирішенні подібних задач. При цьому для отримання більш оптимального вирішення поточної задачі застосовано Лагранжів вирішувач метода кінцевих елементів, при якому сітка моделі і матеріал жорстко пов'язані один з одним та мають рухатися тільки сумісно. Цей метод дозволив найбільш точно розраховувати параметри стану середовищ, розташування фронтів і значення пікових тисків ударних навантажень [1, 2, 3, 4].

Створена чисельна розрахункова модель дозволяє розробляти більш оптимальні конструкції, та значно скорочує час проектування основних захисний елемент бронезилетів, або плитоносок.

### **Список використаних джерел**

1. Чернобривко М. В. Напружено-деформований стан елементів конструкцій при високошвидкісних навантаженнях : дис. доктора тех. наук : 01.02.04. Харків, 2020. 347 с.

2. Кобылкин И. Ф. Численное моделирование пробивания многослойной прозрачной брони / И. Ф. Кобылкин, В. В. Шакирзянов // М., Изд-во Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020 №1, С. 16 – 28. DOI: <https://doi.org/10.18698/0236-3941-2020-1-16-28>

3. H Mei, Y C Wang, X Liu, D F Cao, L S Liu. Numerical investigation on anti-penetration behavior of ceramic/metal target under ballistic impact. // Journal of Physics: Conference Series 419 (2013) 012054. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/419/1/012054>.

4. Шаш, Н. Численное моделирование проникания пуль стрелкового оружия в пластины из алюминиевых сплавов с использованием модифицированной модели Джонсона-Кука / Н. Шаш, В.Н. Зузов // Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон, журн. 2017. № 01. С. 1-19. <https://doi.org/10.7463/0117.0000922>.

# **КОСМІЧНІ АПАРАТИ: РОЗРОБКА ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ**

**Демченко Анатолій Вадимович**

начальник самостійного відділення

**Шовкопляс Юрій Анатолійович**

заступник головного конструктора проектно-конструкторського  
бюро космічних апаратів, комплексів і систем

*О.І. Дзвониський, студент, С.В. Губін, к.т.н., професор  
Національний аерокосмічний університет ім. Миколи Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»  
[o.i.dzvonytskyi@student.khai.edu](mailto:o.i.dzvonytskyi@student.khai.edu)*

## **СХЕМО-ТЕХНІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ БАТАРЕЙ МАЛИХ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ**

Анотація Розглянуто імітаційне моделювання батарей фотоелектричних космічного призначення з використанням комп'ютерного стимулятора електронних схем. The simulation modeling of photovoltaic batteries for space applications using a computer stimulator of electronic schemes is discussed.

Ключові слова: космічний апарат, енергетична установка, батарея фотоелектрична, моделювання, еквівалентна схема заміщення, spacecraft, power plant, photovoltaic battery, modeling, equivalent electrical circuit of the substitution.

Для аналізу фотоелектричних батарей космічного апарату використовують математичне і фізичне моделювання що дозволяє відтворювати їх характеристик. Сучасні програмні продукти імітації можуть візуалізувати їх у зміні освітленості і температури і деградації. Для цього використовують моделювання на основі схем заміщення. Такою є модель Шоклі, що складається з ідеального діода, послідовного та паралельного резистору і генератору струму. Для моделювання роботи з широтно-імпульсними перетворювачами енергії ця схема може бути доповнена бар'єрною та дифузійними смостями, що дозволить відтворити перехідні процеси комутації.

В роботі було виконано моделювання з використанням програми «Electronic workbench», де створено таку схему й візуалізовано процеси в її різноманітних точках з отриманням вольт-амперних та інших характеристик. Це дозволяє дослідити й отримати характеристики при різних температурах, ступенях освітлення і з можливістю зміни цих параметрів з часом, для імітації орбітального польоту. Моделювання особливо ефективно для малих космічних апаратів (МКА) де сонячна батарея має лише 2...8 послідовно з'єднаних фотоперетворювачів групи АШВВ з напругою 5...14 В, що характерно для енергосистем малих космічних апаратів. В подальшому ми зможемо приєднати модель акумулятора в таку систему і без створення фізичної моделі перевірити основні характеристики. В майбутньому додавши виконавчі блоки фірми National Instrument, матимемо можливість керування програмованим джерелом живлення для моделювання тих же процесів вже в фізичній моделі для випробування реальних блоків акумуляторів і контролерів сонячної батареї на стендовому супутнику, що зменшить затрати на створення сонячних батарей для енергосистем МКА.

### **Список використаних джерел**

1. Spacecraft power systems / Mukund R. Patel p.cm. ISBN 0-8493-2786-5.
2. К.В. Безручко, В.М. Борщов Науково-технічні аспекти розробки, виготовлення та експлуатації систем електроживлення космічних апаратів.
3. С.В. Губін, І.Г. Бурим Оцінка освітленості і температури сонячних батарей молодіжного мікросупутника.



*О.О. Литвінов, студент, С.А. Пальков кандидат технічних наук  
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
“Харківський авіаційний інститут”  
[gazemistan@gmail.com](mailto:gazemistan@gmail.com)*

## **ОСОБЛИВОСТІ ПРОБЛЕМ ВІДНОВЛЕННЯ ПРОГРАМ SPACE SHUTTLE/ЭНЕРГИЯ-БУРАН**

Анотація (abstract): в статті розглянуто можливості і можливі способи відновлення вітчизняної програми багаторазової транспортної космічної системи (БТКС) та/або його аналогу Space Shuttle з попереднім висновком про можливість відтворення програм.

The article examines the possibilities and possible ways to restore the domestic program of the reusable transportation space system (RTSS) and/or its Space Shuttle analog with a preliminary conclusion on the possibility of reproducing the programs.

Ключові слова (keywords): човник, NASA, АН-225, БТКС, shuttle, Cossack, Space transportation System (STS).

Моя ціль роботи в перекладенні функції гальмування на інший ЛА, типу літака АН-225 (“Мрія”), тим самим не ускладнюючи конструкцію човника спробувати позбавитися від негативних факторів при вході в атмосферу та можливо деяку модернізацію для здешевлення проекту через модернізацію ЛА.

В роботі планується використовувати літак типу АН-225 (“Мрія”) або спеціально виготовлений, що буде остаточно прийнято при детальнішій проробці проекту, в компоновці з ракетними двигунами для розгону до швидкості повернення багаторазового транспортного засобу поза нормальною атмосферою в діапазоні висот вище межі Армстронга. На літаку буде розташована площадка для прийому й транспортування ЛА. А посадка на платформу виконується по принципу посадки літака на авіаносець. Також передбачено додаткове гальмування в шарах атмосфери.

Згідно попереднім опрацюванням час польоту на висоту 11000 м по гіпотенузі, з куту підйому в 3° та стандартної крейсерської швидкості літака в 800 км/год (222.2 м/с) становить 16,06 хв або 0,26 годин. При тязі двигуна Д-18Т в 23400 кгс ( $\approx 229320$  Н) на початковому режимі і масового розтрати палива  $\dot{m}=0,57\dots 0,63$ , палива потрібно для 6 двигунів на 20807,3 кг, в порівнянні масова витрата при стандартній вазі корисного вантажу 15,9 т/год. Ракетні двигуни відповідної тяги розвивають швидкість ЛА до 10 км/с за  $\approx 600$ с при масовій витраті 60 кг/с звідки в нас з 300т палива ще залишиться на гальмування до крейсерської швидкості літака в шарах атмосфери. Дана конструкція здатна не тільки злетіти, но і прийняти та перевести вантаж без его фізичного або термічного пошкодження.

### **Список використаних джерел**

1. <http://www.buran.ru/>
2. <https://www.aerospace-technology.com/projects/an225hta/>
3. <http://motorsich.com.ua/D-18T>

*О.В. Любімов, студент<sup>1</sup>, М.О. Любімов, студент<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Національний Аерокосмічний Університет ім. М.С. Жуковського «ХАІ»*

<sup>2</sup>*Національний технічний університет ім. Сікорського «КПІ»*

*[oleksandr.liubimov@gmail.com](mailto:oleksandr.liubimov@gmail.com), [maxim.liubimov@gmail.com](mailto:maxim.liubimov@gmail.com)*

## **ВИКОРИСТАННЯ ВІДКРИТИХ COTS/MOTS ПРОГРАМНО-АПАРАТНИХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ ПОБУДОВИ НАНОСУПУТНИКІВ КУБСАТ (CUBESAT)**

**Ключові слова:** COTS, MOTS, CubeSat, Open-Source, Nanosatellite, Software Platform, Hardware Platform *(українською та англійською мовами)*

### **Тези:**

КубСати почали свій розвиток з 1990 року коли цей клас супутників був запропонований в Каліфорнії. З тих часів розвиток як ПЗ так і апаратної складової, та ступень інтеграції разом зріс на декілька порядків. Доступність та потужність обчислювальних засобів комерційного виконання надала можливість як студентам так і бізнесу та військовим, отримати дешеві та спроможні платформи які можуть виконувати корисні завдання на низькій орбіті Землі (400 км).

В той самий час, розвиток ПЗ з відкритим кодом, який активно підтримується суспільством розробників ПЗ по всьому світу, створив прецедент створення надійного, постійно вдосконалюючогося та цикломатично-складного ПЗ яке доступне безкоштовно.

Поєднуючи ці два фактори та інтегруючи відкриті рішення в рамках одного проекту створення КубСатів – виникла низка платформ які надають можливість студентським командам отримати доступ до економічно-вигідних та доступних проектів з опанування космосу.

Працюючи над вдосконаленням ПЗ для КубСатів, був проведений детальний та вичерпний огляд існуючих платформ та їх реалізації, а також зібрані результати та проблеми їх використання.

Ця стаття надає інформацію по існуючим рішенням у цієї галузі та порівняння цих рішень та їх функціональних можливостей, а також надає розроблену семантично-вагову класифікацію цих платформ.

Розуміння існуючих рішень з відкритою архітектурою та кодом, суттєво впливає на вірогідність як успішної реалізації проектів КубСат, так і їх запуску. Це в свою чергу надає можливість суттєво зменшити бюджети та збільшити інвестиційну привабливість таких проектів, що в свою чергу надає впевненість в отриманні фінансування.

*Д. І. Федченко, студент, С. В. Губін, к.т.н., професор  
Харківський національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»  
[d.i.fedchenko@student.khai.edu](mailto:d.i.fedchenko@student.khai.edu)*

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОВІДДАЧІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ БАТАРЕЙ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ФОКЛІНОВИХ КОНЦЕНТРАТОРІВ**

Анотація: Розглянуто підвищення енерговіддачі космічних фотоелектричних батарей з використанням концентратора сонячної енергії. An increase in the energy yield of space photovoltaic batteries using a solar energy concentrator is considered

Ключові слова: Космічний апарат, енергетична установка, батарея фотоелектрична, концентратор, сонячна енергія. Spacecraft, power plant, photovoltaic battery, concentrator, solar energy

Розвиток космічної індустрії вимагає ефективного забезпечення космічних апаратів енергією. Зараз для цього використовують фотоелектричні перетворювачі на основі гетеро структур АШВВ з ККД понад 30%. Значна вартість таких елементів сприяє актуальності використання концентрації випромінювання. Це дозволяє підняти енерговіддачу сонячної батареї у кілька разів з незначними фінансовими витратами.

У якості концентраторів сонячного випромінювання для космічних фотоелектричних перетворювачів слушне використання дзеркала зі спеціальних надлегких полімерів, що мають малу масу, значний коефіцієнт і спектр віддзеркалення. Форма має відповідати низько потенціальному значенню для зменшення рівня температури перетворювача концентрованої освітленості.

Таким чином до розгляду та моделювання режимів роботи фотоелектричних перетворювачів мають бути включені концентратори типу фоклівів та фоконів з лінійною утворюючою, тобто бокові дзеркальні поверхні. Особливістю дослідження є аналіз створеної форми завдяки надлегким механізмам розкриття та розрахунок рівня освітленості та температури, що надає така форма з розрахунком енергетичних характеристик такого типу гібридного фотоелектричного приймача.

Матеріали, які найчастіше використовуються у космічних фотоелементів GaAs (арсенід галію) на підкладці Ge (германію) з концентрованим сонячним випромінюванням впевнено можуть досягти граничної температури. Таким чином у сонячних батареях з концентраторами сонячної енергії має бути розроблене технічне рішення ефективного відведення тепла від перетворювачів і можливе рішення, це використання розгалуженої площі концентратора як холодильника випромінювача.

### **Список використаних джерел**

- 1) Olena Iurevych, Michel Dudeck, Sergii Gubin. Etude d'un capteur solaire hybride avec concentrateur holographique du rayonnement solaire;
- 2) О. В. Юревич, С. В. Губін Використання голографічного концентратора сонячного випромінювання у гібридному сонячному приймачеві.
- 3) О. В. Юревич, С. В. Губін Побудова математичної моделі комбінованого приймача сонячного випромінювання з голографічним концентратором

# **ЕКОЛОГІЯ КОСМОСУ. КОСМІЧНА БІОМЕДИЦИНА І ПСИХОЛОГІЯ**

**Горбань Вадим Анатолійович**

кандидат біологічних наук, доцент

**Левицька Олена Григорівна**

кандидат технічних наук, доцент

*Данкевич В.С. д.е. н., професор, декан факультету права, публічного управління та національної безпеки*

*Поліський національний університет, м. Житомир*

*[dankevych2017@gmail.com](mailto:dankevych2017@gmail.com)*

## **ВИКОРИСТАННЯ КОСМІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ ЕКОНОМІКИ**

Сільське господарство становить основу світового продовольчого забезпечення. Умови ґрунту, наявність води, екстремальні погодні умови та зміна клімату можуть становити значні виклики як для фермерів, так і для загальної продовольчої безпеки населення. Космічна технологія є цінною для фермерів, агрономів, виробників продуктів харчування та переробних підприємств, які хочуть одночасно збільшити виробництво та прибутковість.

Супутники дистанційного зондування надають ключові дані для моніторингу ґрунту, снігового покриву, посухи та розвитку посівів. Оцінки кількості опадів із супутників, наприклад, допомагають фермерам планувати час і кількість зрошення, яке їм знадобиться для їхніх посівів. Точна інформація та аналіз також можуть допомогти завчасно передбачити сільськогосподарську продукцію в регіоні та можуть мати вирішальне значення для передбачення та пом'якшення наслідків нестачі продовольства.

Останніми роками дедалі популярнішим стає тренд вибухового розвитку новітніх космічних технологій. Майже щодня ми чуємо про проривні проекти, що їх реалізують амбітні вчені й інженери за підтримки передових держав або ризикованих бізнесменів. Космос потихеньку стає відкритим не тільки для великих корпорацій і держав, а й для невеликих компаній, університетів, незалежних груп учених і студентів. І це вже не просто тенденція – це реалії сьогодення.

Перспективним напрямом використання космічних технологій для України є аграрний сектор. Уже сьогодні значна кількість сільськогосподарських операцій здійснюється за допомогою технологій дистанційного зондування Землі.

Однією із передумов ефективного функціонування вітчизняного аграрного сектора та раціонального використання наявних земельних ресурсів є застосування в даній сфері сучасних технологій. На сьогодні великою проблемою в Україні є закритість значної кількості необхідної інформації для сільськогосподарського землекористування.

Як свідчать проведені дослідження аби забезпечити належну ефективність, державна політика в сфері управління земельними ресурсами в Україні потрібно активно використовувати дані дистанційного зондування Землі та проводити моніторинг земельних ресурсів. Перспективними напрямками землекористування на рівні держави де можуть бути застосовані сучасні космічні технології є наповнення Державного земельного кадастру, інвентаризація земель та цифровізація даних про земельні відносини.

А.А. Сікорський, студент, О.В. Золотько, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
[zltkelena@gmail.com](mailto:zltkelena@gmail.com)

## ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ СУПУТНИКІВ ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Анотація. За допомогою штучних супутників Землі здійснюють розвідку корисних копалин, екологічний та агромоніторинг, міське планування, контроль за перебігом надзвичайних ситуацій, тощо. Але супутник можна використовувати не тільки у цивільних повсякденних справах, а також й у військових цілях, зокрема, при проведенні видової та радіотехнічної розвідки.

Ключові слова: супутник; засміченість космічного простору; екологія.

Abstract: Earth's artificial satellites carry out mineral exploration, environmental and agricultural monitoring, urban planning, control over the course of emergency situations, etc. The satellites can be used not only in civilian everyday affairs, but also for military purposes, in particular, it is advisable to use satellites for species reconnaissance.

Key words: Earth's artificial satellites; space debris, ecological problems.

Міжнародне космічне право забезпечує вільний екологічний доступ до використання космічного простору державами, не закріплюючи при цьому за ними обов'язків по здійсненню заходів по збереженню такої можливості для наступних поколінь [1]. На відміну від повітряного простору, який поділяють на національний та міжнародний, космічний простір є неподільним, він знаходиться у загальному користуванні.

Низка документів, розроблених суб'єктами міжнародного космічного права регламентує заходи по сприянню мінімізації космічної засміченості: обмеження тривалості існування супутників на орбітах, встановлення допустимої величини ризику утворення космічного сміття та інші [2]. Концепція космічної ситуаційної обізнаності надає можливості незалежного спостереження за космічними об'єктами та природними явищами, які відбуваються у космічному просторі, та можуть завдати шкоди супутникам на орбіті чи інфраструктурі. У сучасних умовах супутники використовують не тільки для вирішення наукових та практичних завдань в області геодезії, навігації, метеорології дистанційного зондування та телекомунікацій, але й з метою космічної підтримки військових дій [3]. Використання супутників подвійного призначення покращить екологічну обстановку у космічному просторі.

### Список використаних джерел

1. Adushkin, V. V., O. Yu Aksenov, S. S. Veniaminov, S. I. Kozlov, and V. V. Tyurenkova. "The small orbital debris population and its impact on space activities and ecological safety." *Acta Astronautica* 176 (2020): 591-597.
2. Ganse, Bergita, and Urs Ganse. "Building Spacecraft." In *The Spacefarer's Handbook*, pp. 13-86. Springer, Berlin, Heidelberg, 2020
3. Основи космічної ситуаційної обізнаності (Space Situational Awareness, SSA). Іноземний і вітчизняний досвід космічної діяльності у сфері оборони: Монографія / Д. М. Випорханюк, С. В. Ковбасюк. – Житомир: Видавець О. О. Євенок, 2018. – 532 с.

# **МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА ЧИСЕЛЬНІ ЕКСПЕРИМЕНТИ**

**Байбуз Олег Григорович**

доктор технічних наук, професор

**Книш Людмила Іванівна**

доктор технічних наук, професор

## ESTIMATION PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATE VIA INTEGRAL NONLINEAR MODEL OF THE OCULO-MOTOR SYSTEM

**Abstract.** Diagnostic features are determined on the basis multidimensional transient functions of the oculo-motor system, which are obtained as a result of nonlinear dynamic identification of "input-output" according to the data tracking.

**Keywords:** psychophysiological state, diagnosis, oculo-motor system, eye tracking technology, identification, Volterra model, test visual stimuli

**Анотація.** Визначаються діагностичні ознаки на основі багатовимірних перехідних функцій окуло-моторної системи (ОМС), які отримано в результаті нелінійної динамічної ідентифікації "вхід-вихід" за даними айтрекінга.

**Ключові слова:** психофізіологічний стан, діагностика, окуло-моторна система, айтрекінг, ідентифікація, модель Вольтерри, тестові візуальні стимули

The purpose of the work is to develop a method and instrumental algorithmic and software tools for building a mathematical model of the oculo-motor system (OMS) based on the integral nonlinear models according to the data of experimental studies of the OMS "input-output" with using test visual stimuli and eye tracking technology. Applying the obtained models to estimate the psychophysiological state of the individual with the aim of increasing efficiency educational and professional activity [1, 2].

The intelligent information technology for diagnosing states of neural processes, which is based on nonparametric identification of the OMS in the form on Volterra polynomials, is proposed. This allows to increase the accuracy of OMS modeling and, as a result, to increase the reliability of diagnosis in the space of the proposed heuristic features [3].

According to the experimental studies with the use of high-tech equipment – eye-tracker TOBII PRO TX300, training samples for machine learning of classifiers were obtained. A Bayesian classifier of the state of human fatigue in two-dimensional space of features, which are determined based on MTF obtained by the results of OMS identification, provides the maximum probability of correct recognition  $P=0.9375$ .

### References

1. Jansson D., Rosen O., and Medvedev A. (2015), "Parametric and nonparametric analysis of eye-tracking data by anomaly detection", *IEEE Transaction control system technology*, Vol. 23, pp. 1578-1586.
2. Pavlenko V., Milosz M., and Dzienkowski M. (2020), "Identification of the Oculo-Motor System based on the Volterra Model using Eye tracking Technology", *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 1603, IOP Publishing, pp. 1-8.
3. Pavlenko V.D., Shamanina T.V., Chori V.V. (2021), "Nonlinear Dynamics Identification of the Oculo-Motor System based on Eye Tracking Data", *Int. Journal of Circuits, Systems and Signal Processing*, Vol. 15, pp. 569-577.



*V.I. Shynkaruk, ph.d. candidate, V.I. Lipovskyi, ph.d. in ph. and math., ass. professor  
Oles Honchar Dnipro National University  
[vladislav.shynkaruk@ukr.net](mailto:vladislav.shynkaruk@ukr.net)*

## ENGINEERING APPROACH TO THE DESIGN OF TANK STRUCTURES IN TRANSITION ZONES OF GEOMETRY CHANGE

**Анотація:** Авторами запропоновано інженерний підхід до ефективного проектування зони переходу в місці стику тонкостінних оболонок різної геометрії для баку високого тиску. Описаний підхід базується на безмоментній теорії оболонок та властивостях згладжуючих сплайнів. Виготовлення такої конструкції можливо за допомогою адитивних технологій.

**Ключові слова:** ефективне проектування, адитивні технології, тонкостінні оболонки, згладжуючі сплайни.

**Abstract:** Authors propose an engineering approach to the efficient design of the high-pressure tank transition zone at the junction of different geometries thin-walled shells. This approach is based on the Momentless Shell theory and the smoothing splines properties. The manufacture of such construction is possible using additive technology

**Keywords:** efficient design, additive technologies, thin-walled shells, smoothing splines.

It is now possible to create efficient design with minimum mass using topology optimization methods. Meanwhile, additive technologies make it possible to manufacture arbitrary geometry structures. Modern optimization methods are based on the finite element method and often require large computing resources and calculation time. It is absolutely necessary to take into account technological capabilities and limitations when solving optimization problems. These results can be used in numerical simulations to confirm their performance. Therefore, it is very important to use simplified methods at the design phase.

In this work, rocket fuel tanks of high internal pressure are considered. The effect of internal pressure in fuel tanks creates stress in the structure. The values of these stresses may differ in transverse and longitudinal directions. It depends on the geometry of the tank shell: sphere, cylinder, cone, etc. In the joint zone of the different geometry shells stress concentrations occur. It is called edge-effect and leads to non-uniform stress of the structures. Currently, this problem is solved by using a frame in the transition zones of the shells [1]. It should be noted that this method is technologically inefficient and leads to an increase in the mass of the structure.

It is possible to avoid the use of spacer frames in the transition zones of thin-walled shells connection. It is necessary to design the mid-surface geometry of the transition zone in a way to exclude the appearance of stress concentration in this zone. The solution of this problem is possible on the basis of the Momentless Shell theory and methods of spline functions [2].

The paper proposes an engineering approach for determining the geometry of the described transition zone. This approach is based on the use of smoothing splines properties. The sizes of the transition zone and the edge-effect zone are determined according to the Saint-Venant principle. The position of the mid-surface in the transition zone is determined by the points of the piecewise polynomial function (splines). The position calculation of the mid-surface points is carried out with a specified admissible error. In the proposed algorithm, the maximum admissible error value is determined by the result of subtracting of

the first derivatives of the median surfaces of the thin-walled shells at their connection point. A linear variation of this admissible error in the transition zone is used. This algorithm is tested for a sphero-conical shell.

It should be noted that this technique is a preparatory stage of creating the tank geometry in the transition zone for further numerical modeling. The geometry of the transition zone was created using a special program in the SpaceClaim module [3]. The result of numerical modeling confirms the correctness of the proposed engineering methodology.

#### **Список використаних джерел:**

1. Близниченко В.В., Джур Є.О., Краснікова Р.Д., Кучма Л.Д., Линник А.К. та ін. Проектування і конструкція ракет-носіїв. Д.: Вид-во ДНУ, 2007.;
2. Завьялов Ю.С., Квасов Б.И., Мирошніченко В.Л. Методы сплайн-функций. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1980;
3. Guide to ANSYS Programmable Features, ANSYS Inc., Canonsburg, PA, January, 2018.

*V.K. Zaitsev, postgraduate student,  
V.O. Sereda, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,  
N.A. Skora, Senior Lecturer  
National Aerospace University named after M.E. Zhukovsky  
"Kharkiv Aviation Institute"  
[v.k.zaitsev@khai.edu](mailto:v.k.zaitsev@khai.edu)*

## **ANALYSIS OF METHODS FOR DISPLAYING THE TOPOLOGY OF THE OBJECTS UNDER STUDY IN SOLVING PROBLEMS OF GAS DYNAMICS**

It is impossible to design continuum flow in a computational domain with complex boundaries without involving numerical methods. The main numerical methods for solving the gas dynamics problems are the finite difference method (FDM), finite volume method (FVM) and finite element method (FEM). FEM (Solid Simulation, ANSYS) and FVM (FloWorks, OpenFOAM) are mainly used in CAE-systems. The choice of these methods resulted from the developers' desire to approximate complex curvilinear boundaries of the computational domain with the minimum allowable number of the calculated cells in order to save computing resources. Therefore, the choice was made in favour of unstructured irregular grids, mainly tetrahedral (COMSOL), hexahedral (FloWorks).

Increased processor performance allows switching to a regular orthogonal grid and using it in solving FDM. The advantages of the FDM are high efficiency, ease of implementation, visibility of the discretization procedure and high-order accuracy schematic construction. Such an approach excludes grid effects, when the quality of the approximate solution depends on the successful thickening and the optimization of the grid near complex boundaries. Grids are suggested to use instead of masks, they are special conditions in each computational cell for setting not only the topology of the investigated object, but also various conditions for the flow around and overflow of the fluid flow. Thus, the computational grid is being simply generated as an array and does not require complex algorithms. Masks serve as an addition to the grid array with certain terms. There are four types of masks used: volumetric mask (for specifying solid-state structural elements), surface-impermeable mask (for modelling "thin" zero-thickness walls), partially-permeable mask (for modelling wounds smaller than the grid pitch) and direction cosines mask (for setting the direction of the fluid flow).

The main research objective is to find and develop a mask system generation optimal algorithm. CAD-systems used by the BREP-representation of the geometric model are used as inputs. The 3D model's surface is represented as an array of triangles and their normals. The ray tracing method is used to generate masks, it consists of the following steps. The ray is fired from each grid cell and the presence of intersections with the triangles of the 3D model is detected. At a single intersection in the cell, a volumetric mask is set. A surface mask is set around the volumetric masks. The unfilled cells adjacent to the surface masks are filled with a direction cosines mask, the normals of adjacent triangles. The disadvantages of the method are plenty of nested loops, uncertainty when assigning a direction cosines mask from adjacent triangles. It is expected to optimise the method.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ БУДИНКУ НА БАЗІ СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРУ ТА ЕЛЕКТРИЧНОГО КОТЛА.**

При розробці системи опалення приватного будинку використовують різні схеми, з яких досить цікавими є схеми з використанням нетрадиційних видів палива, попит на які зростає кожного року. Ефективність роботи системи опалення підвищується за рахунок узгодження режимів роботи її елементів. Тому мета роботи – знайти такий набір параметрів, при якому система не буде втрачати потужності, а кошти, які затрачуються на експлуатацію системи – тільки зменшуватись.

У роботі була отримана методика оптимізації експлуатаційних витрат при роботі системи опалення приватного будинку при використанні сонячного колектору.

За критерій якості було обрано собівартість системи опалення, а для зв'язку з умовами була розрахована гідравлічна система приміщення, розроблена математична модель її основних елементів, таких як електричні насоси та електричний котел, та розроблена система керування опаленням будинку, головним параметром якої є температура.

У якості обмежень виступає критична температура теплоносія водяного контуру – 90°C та теплоносія контуру пропіленгіколю – 180°C. Швидкість теплоносія контуру приміщення не повина перевищувати шумову межу – 0.6 кг\с.

Загалом отримані результати свідчать про можливість значного зменшення витрат на опалення за рахунок вибору оптимального режиму роботи системи опалення. Треба зазначити, що отримані результати можуть бути використані при роботі системи опалення не тільки при використанні нетрадиційної енергії, але й при використанні традиційних видів палива (природний газ, вугілля тощо). Надалі планується узагальнити запропоновану методику оптимізації експлуатаційних витрат при роботі системи опалення на роботі систем опалення з використанням інших нетрадиційних джерел енергії – енергії тепла ґрунту.

Ключові слова: вакуумний колектор, електричний нагрівач, експлуатаційні витрати

### **Список використаних джерел**

1. Михеев М. А. Основы теплопередачи / М. А. Михеев, И. М. Михеева., 1977. – 344 с.
2. Идельчик В. И. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / Виталий Исаакович Идельчик. – Москва: Машиностроение, 1992. – 672 с.
3. Бухмиров В. В. Расчет коэффициента конвективной теплоотдачи / Вячеслав Викторович Бухмиров. – Иваново, 2007. – 39 с.

*М.О. Блажко, студент*  
*Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара*  
[maxim007blazhko@gmail.com](mailto:maxim007blazhko@gmail.com)

## **ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДО КЛАСИФІКАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ**

Нейронні мережі та їх використання – дуже перспективний напрямок розвитку людства. Вже зараз вони можуть виконувати різноманітні задачі не гірше, а іноді й краще за людей.

Головна перевага штучних нейронних мереж полягає у тому, що вони позбавлені людського фактора та мають набагато більшу обчислювальну спроможність, а з нею і швидкість виконання поставлених задач, аніж людина. У наші дні нейронні мережі вже активно використовуються для передбачення погоди, обробки зображення, розпізнавання мови, аналізу великого обсягу даних, оптимізації різноманітних процесів та багато іншого. Одним із найбільш популярних напрямків розвитку штучних нейронних мереж - це класифікація зображень. Завдання полягають у тому, щоб класифікувати вхідний образ, тобто віднести його до якогось відомого мережі класу.

Задачу класифікації зображень сформулюємо наступним чином: існує скінченна множина об'єктів  $X$  та множина класів  $Y$ , до яких ці об'єкти відносяться. Для скінченної підмножини об'єктів  $Z, Z \subseteq X$  точно відомо, до якого класу із множини класів  $Y$  вони відносяться. Зазначена множина буде використана як навчальні приклади.

Мета роботи полягає у створенні алгоритму, яких буде здійснювати відображення  $X \rightarrow Y$  таким чином, щоб довільний об'єкт  $x \in X$ , можливо було класифікувати як об'єкт одного з класів  $y \in Y$ . Основними критеріями під час навчання нейронної мережі є мінімізація похибки та максимізація точності на прикладах для тестування.

У роботі розглянуто різні архітектури згорткових нейронних мереж, які обиралися експериментальним шляхом та тренувалися із використанням бази рукописних символів EMNIST-BYMERGE, що складається із 814,255 тренувальних зображень. Для мінімізації функції похибки використовується адаптивний метод градієнтного спуску «Адам», а для кращого навчання внутрішніх шарів мережі застосовано метод зворотного поширення помилки.

Після кількох ітерацій тренування нейронних мереж було помічено перенавчання при використанні надмірної кількості шарів, а саме навчання помітно сповільнювалося через велику кількість параметрів. Таким чином, у процесі експериментів була створена згорткова нейронна мережа, точність якої досягає 90%, що є хорошим результатом, враховуючи складність тестових прикладів.

*О.Е Бондаренко, аспірант, Ю. В Ткачов, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. О. Гончара  
[O.E.Bondarenko@ff.dnu.edu.ua](mailto:O.E.Bondarenko@ff.dnu.edu.ua)*

## **РАЦІОНАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МАТЕРІАЛУ В СИЛОВИХ КОНСТРУКЦІЯХ РАКЕТНОЇ ТЕХНІКИ**

Анотація. Розвиток ракетної техніки не стоїть на місці. Не зважаючи на те, що людство вже декілька сотень років вивчає ракетну техніку, все одно існує кілька задач які потребують більш конкретної оптимізаційної роботи. І дійсно деякі ракетні компанії вносять нові конструктивні рішення. Допомагають їм в цьому адитивні технології (3D-друк). Одним з найголовніших правил ракетної техніки є критерій мінімуму маси. Тому раціональність використання матеріалу в силових конструкціях ракетної техніки дуже в цьому допомагає. Адитивне виробництво має декілька методів виробництва (одним з них є (Selective Laser Melting)), який використовується для друку таких силових елементів. Одним з методів топологічної оптимізації є метод SIMP. В роботі виконано топологічну оптимізацію типового силового елемента за допомогою метода кінцевих елементів.

Ключові слова: **ТОПОЛОГІЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ, МЕТОД КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ, АДИТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ.**

Annotation. The development of rocketry does not stand still. Despite the fact that mankind has been studying rocketry for several hundred years, there are still several problems that require more specific optimization work. Indeed, some rocket companies are introducing new design solutions. Additive technologies (3D printing) help them with this. One of the most important rules of rocketry is the minimum mass criterion. Therefore, the rational use of material in the power structures of rocketry helps a lot in this regard. Additive manufacturing has several production methods (one of them is Selective Laser Melting), which is used to print such power elements. One of the methods of topological optimization is the SIMP method. In this paper, the topological optimization of a typical force element is performed using the finite element method.

Keywords: **TOPOLOGICAL OPTIMIZATION, FINITE ELEMENT METHOD, ADDITIVE TECHNOLOGIES.**

Силові елементи ракет (кронштейни, силові оболонки та ін.) є важливою частиною РН. Зі стрімким розвитком адитивних технологій стали доступні майже необмежені за складністю геометричні форми деталей і розкрито перед інженерами можливості, не доступні за використання класичних технологій виробництва. Інтерес до створення деталей складних форм за допомогою генеративного дизайну з використанням топологічної оптимізації дає змогу ефективніше та раціональніше використовувати матеріал і створювати полегшені конструкції.

Топологічна оптимізація є математичним підходом, здатним вирішити низку поставлених перед інженерами завдань. Наприклад, вирішується проблема оптимального розподілу матеріалу в обмеженому просторі, з урахуванням навантажень, що впливають, і граничних умов. Цей метод використовується на стадії розроблення початкового вигляду конструкції. Отримане оптимальне рішення потім модифікується з урахуванням функціональних і технологічних вимог, що дає змогу істотно заощадити час на початковому етапі проєктування. Фактично топологічна

оптимізація застосовується для зменшення ваги конструкції шляхом видалення найменш залученого в роботу матеріалу.

Застосування топологічної оптимізації безсумнівно має великий потенціал щодо кронштейнів та інших силових конструкцій РН. Однак цей метод потребує ретельнішого вивчення та нарощування експериментальної бази.

#### Список використаних джерел

1. Bendsoe M.P. Optimal shape design as a material distribution problem. *Structural Optimization*. 1989. V. 1, Iss. 4. P. 193-202. DOI: 10.1007/bf01650949
2. Bendsoe M.P., Sigmund O. *Topology Optimization: Theory, Methods and Applications*. Springer, 2003. P. 271
3. Сысоева В.В., Чедрик В.В. Алгоритмы оптимизации топологии силовых конструкций. *Ученые записки ЦАГИ*, 2011, Т. XLII, № 2. С. 91–101.

*В.Л. Вілков, студент, П.А. Дзюба, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
[boss.overman.2015@gmail.com](mailto:boss.overman.2015@gmail.com)*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ БІБЛІОТЕКИ OPENCV ДЛЯ ЗАДАЧ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ**

Комп'ютерний зір – це нова сфера та технологія створення таких систем, які можуть проводити виявлення, стеження та дії над об'єктами на зображенні. На сьогодні такі системи використовуються практично усюди: від систем розпізнавання обличчя до контролю якості (сортування та перевірка на дефекти продукту) з керуванням процесів на виробництві.

Головними компонентами комп'ютерного зору є програмне забезпечення та деяке зображення. В промисловості для таких цілей використовуються камери та маніпулятори (сортувальники). Використання цих систем дуже полегшує роботу як на підприємствах так і в суспільстві.

Ціллю дослідження є реалізація та порівняння двох методів виявлення образів за допомогою каскадного класифікатора Хаара методом Віоли-Джонса та методу зіставлення зі зразком. В першому методі буде розглядатись система з розпізнавання обличчя, так як основним завданням при його створенні було саме виявлення осіб, а для другого – контроль якості.

В бібліотеці OpenCV є багато алгоритмів для реалізації таких цілей, а мова програмування Python добре доповнює його.

Результатом цієї роботи є створення програмного додатку з розпізнавання обличчя та перевірка продукту на дефекти.

Для першого методу було визначено, що використовуючи класифікатор кінцевий результат буде залежати від навченості даних. Чим більше якісних даних піде на навчання – тим краще він буде працювати. Також важливо зазначити, що класифікатор вже знає, що має шукати, бо він був попередньо навчений працювати з такими даними. Сам спосіб виявлення менш схильний до перенавчання аніж його аналоги. На сьогодні цей спосіб є не самим сучасним бо з'явилися нейронні мережі, які це роблять набагато краще та швидше.

В другому методі кінцевий результат буде залежати від шуканого зразку на зображенні та основного алгоритму. В методі зіставлення зі зразком потрібно вручну визначати, що потрібно шукати. Другий метод не гірший за перший: опрацювавши алгоритм та методи порогових значень можна досягти кращого результату в розпізнаванні і не застосовуючи класифікатор. Із недоліків другого методу можна вказати, що він дуже чутливий до шумів, тому можуть бути помилкові спрацювання та викиди даних.



І. Д. Дубровський, аспірант, В. Л. Бучарський, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
[iskolyar@gmail.com](mailto:iskolyar@gmail.com)

## ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ РОЗШИРЕНИХ ОБ'ЄМІВ ДЛЯ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ НАДЗВУКОВОЇ ТЕЧІЇ ГАЗУ В ОБЛАСТЯХ З РІЗНОЮ ГЕОМЕТРІЄЮ

*Розглянуто використання методу розширених об'ємів для чисельного моделювання двовимірної течії нев'язкого ідеального газу при розв'язку задач подвійного відбиття Маха, течії Прандтля-Майєра та течії продуктів згоряння у камері ракетного двигуна на рідкому паливі. Отримані результати дозволяють стверджувати про можливість використання методу розширених об'ємів для розв'язку подібних задач.*

Ключові слова: *метод скінченних об'ємів, розширені об'єми, ракетні двигуни на рідкому паливі*

*The use of the extended cells method for the numerical modeling of the two-dimensional flow of an inviscid ideal gas in solving the problems of double Mach reflection, Prandtl-Meyer flow and the flow of combustion products in the chamber of a liquid propellant rocket engine is considered. The obtained results allow to assert the possibility of using the extended cells method to solve similar problems.*

Keywords: *finite volume method, extended cells, liquid propellant rocket engines*

Надзвукова течія газу виникає при роботі великої кількості сучасних вузлів та агрегатів. Тому для їх проектування важливо мати такі чисельні методи, які дозволяють провести відповідні розрахунки для будь-якої конструкції виробу.

У роботі розглядається використання методу розширених об'ємів [1] для чисельного розв'язку трьох задач надзвукової газової динаміки: подвійного відбиття Маха [2], течії Прандтля-Майєра [3] та течії продуктів згоряння у камері ракетного двигуна на рідкому паливі [4]. Усі задачі відрізняються між собою конфігурацією границь розрахункової області і граничними умовами.

У якості базової моделі суцільного середовища була обрана модель нев'язкого ідеального стисливого газу, що описується системою двовимірних нестационарних рівнянь Ейлера в інтегральній формі та замикається рівнянням Менделєєва-Клапейрона. Для розв'язку системи гіперболічних рівнянь було використано метод скінченних об'ємів [5] з реконструкцією параметрів потоку за WENO алгоритмом третього порядку точності [2] на відміну від [1, 4], де використовувався перший порядок точності. Задача Рімана на границях об'ємів розв'язувалася наближено за співвідношеннями Лакса-Фрідріхса. Інтегрування системи рівнянь за часом здійснювалося явним методом Рунге-Кутти третього порядку точності [5].

Усі розрахунки виконувалися на рівномірній декартовій квадратній сітці при числі Куранта 0.5.

З метою перевірки результатів роботи для кожної із задач був отриманий розв'язок альтернативним способом без використання методу розширених об'ємів. Для першої задачі був виконаний розрахунок за стандартною методикою [1, 2]. Для другої та третьої – використовувався програмний пакет Ansys. Отримана в результаті порівняння величина модуля відносної похибки для кожної із задач не перевищувала 5%.

Отже, можна зробити висновок, що використання методу розширених об'ємів для розв'язку задач із надзвуковою течією газу є доцільним і приносить коректні результати.

### Список використаних джерел

1. Development of a method of extended cells for the formulation of boundary conditions in numerical integration of gas dynamics equations in the domains of a curvilinear shape. Dubrovskiy I., Bucharskyi V. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 5. № 7. P 72-84.
2. Shu, CW. (1998). Essentially non-oscillatory and weighted essentially non-oscillatory schemes for hyperbolic conservation laws. In: Quarteroni, A. (eds) *Advanced Numerical Approximation of Nonlinear Hyperbolic Equations. Lecture Notes in Mathematics*, vol 1697. Springer, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/BFb0096355>
3. Лойцянский, Л. Г. (2003). *Механика жидкости и газа: Учебник для вузов*. М.: Дрофа, 840.
4. Дубровский, И., Бучарский, В. Моделирование процессов в камере ракетного двигателя на жидком топливе в невязкой постановке. *InterConf*, вип. 34, Листопад 2020, <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/interconf/article/view/5614>.
5. Ferziger, J. H., Milovan P., Street R. L. (2020). *Computational Methods for Fluid Dynamics*. Springer, 606

*О.М. Иванов, начальник группы  
Державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне» ім. М.К. Янгеля»  
[karmodied2000@gmail.com](mailto:karmodied2000@gmail.com)*

## **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ГАЗОВОГО ДЕМПФЕРУ ПОВЗДОВЖНИХ КОЛИВАНЬ ПІД ЧАС ПОЛЬОТУ РАКЕТИ**

**Анотація** Розроблена математична модель газового демпфера повздовжніх коливань який має систему наддування та дренажу. Модель дозволяє проводити теоретичні дослідження роботи демпфера при змінних за часом зовнішніх факторах.

**Ключові слова:** математичне моделювання, демпфери коливань, повздовжня усталеність, ракетні двигуни.

**Annotation.** The mathematical model a longitudinal oscillation gas damper that had a pressurization system and a venting system was developed. The model allows making theoretical research a damper's work with the time variables external factors.

**Keywords:** mathematical modelling, oscillation damper, longitudinal stability, rocket engines.

Забезпечення повздовжньої усталеності є важливим завданням при проєктуванні ракет-носіїв. Для її забезпечення широко використовуються різноманітні демпфери повздовжніх коливань серед яких не останнє місце займають газові демпфери з системою наддування та дренажу.

Для визначення параметрів роботи таких демпферів за часом польоту ракети розроблена математична модель яка, на відміну від існуючих моделей [1], [2], [3] враховує енергообмін в газовій порожнині демпфера за рахунок роботи його систем наддування та дренажу [4], [5]. Математична модель дозволяє визначати рівень рідини у демпфері, тиск у демпфері, витрату рідини у демпфер, витрати газу наддування на будь-який час польоту ракети при змінних за часом зовнішніх факторах, таких як тиск у витратній магістралі, повздовжнє прискорення, режим роботи двигунів.

Розроблену математичну модель доцільно використовувати при теоретичних дослідженнях газових демпферів, визначенні межі стійкості і, безумовно, для визначення їх амплітудно-частотних характеристик.

### **Список використаних джерел**

1. Колесников К. С., Самойлов Е. А., Рыбак С. А. Динамика топливных систем ЖРД. Москва: "Машиностроение", 1975. 172 с.
2. Беляев Е. Н., Чванов В. К., Черваков В.В. Математическое моделирование рабочего процесса жидкостных ракетных двигателей. Москва: Издательство МАИ, 1999. 2 с.
3. Одиноков Д.А., Гимадиев А. Г. Частотные характеристики коаксиального газового демпфера для топливной магистрали ракеты-носителя // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2017. Т. 16 №1. С.62-74. DOI: <https://doi.org/10.18287/2541-7533-2017-16-1-62-74>
4. Попов Д.Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем: Учебник для вузов – 2-е изд., переработку и доп. – М.: Машиностроение, 1987. – 464 с. ил.
5. Мамонов М.А. Вопросы термодинамики тела переменной массы. Оборонгиз. – Москва 1961.

*С.М. Каруна, студент, Л.І. Книш, д.т.н., професор  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[sergeykaruna2@gmail.com](mailto:sergeykaruna2@gmail.com)*

## **КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОЛІВ ТЕМПЕРАТУР В СОНЯЧНІЙ ТЕРМОДИНАМІЧНІЙ СИСТЕМІ**

В сучасній енергетиці все більшої популярності набувають сонячні термодинамічні системи. Такі системи діляться на високотемпературні та низькотемпературні. Високотемпературні системи завжди функціонують с концентратором, а низькотемпературні – можуть бути с концентраторами та без них.

Об'єктом дослідження в роботі було обрано низькотемпературний сонячний колектор з параболоциліндричним концентратором. У фокусі такого концентратора розташований трубчатий теплоприймач, в якому рухається теплоносіє. Для такої системи була побудована одновимірна математична модель, що описує зміну температури теплоносія вздовж трубчатого каналу, який перебуває під впливом концентрованого сонячного потоку. В основу моделі покладено балансове рівняння, в якому враховується швидкість теплоносія в каналі, величина щільності теплового потоку від Сонця, теплові втрати в навколишнє середовище.

На першому етапі роботи математична модель була сформульована в лінійній постановці, в якій не враховувався теплообмін з поверхні теплоприймача за рахунок вільної конвекції та випромінювання. В такій постановці модель була розв'язана аналітично методом Бернуллі, що дозволило визначити залежність температури теплоносія від його теплоємності, а також від значень щільності теплового потоку та швидкості вітру.

На другому етапі роботи математична модель була доповнена нелінійними коефіцієнтами, в яких враховано вплив радіаційної та конвективної складових. Дана нелінійна модель була розв'язана методом Рунге-Кутти четвертого порядку. На основі нелінійної моделі було визначено залежність температури теплоносія від його витрати та від коефіцієнту випромінювання поверхні трубчатого каналу.

Числові дослідження були проведені у програмному середовищі Maple з використанням відповідних функцій та графічних бібліотек.

Результати комп'ютерного моделювання дозволяють визначити найбільш оптимальні геометричні параметри системи “параболоциліндричний концентратор – трубчатий теплоприймач”, які забезпечують її найвищі енергетичні показники. Крім того, стає можливим знайти значення витрати теплоносія, що гарантує максимальну можливу температуру теплоносія на виході з каналу, яка не буде перевищувати температуру його пароутворення.

М.О. Позднішев, к.т.н., начальник відділу<sup>1</sup>, О.М. Мінай, начальник сектора<sup>1</sup>,  
І.Ю. Кузьміч, інженер-конструктор 1 кат.<sup>1</sup>; С.О. Давидов, д.т.н., професор<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Державне підприємство

«Конструкторське бюро «Південне» ім. М.К. Янгеля»

<sup>2</sup>Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара

[n.pozdnyshv@gmail.com](mailto:n.pozdnyshv@gmail.com)

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕМІЩЕННЯ ПОВЕРХНІ РОЗДІЛУ ФАЗ РІДИНА-ГАЗ ВСЕРЕДИНИ ЧАРУНКИ ДЕФОРМОВАНОЇ МЕТАЛЕВОЇ СІТКИ

Анотація. Капілярні роздільники фаз рідина-газ з металевих сіток служать для утримання рідких компонентів палива у визначеному місці баків у стані невагомості. Для покращення їх параметрів, а саме зменшення еквівалентного капілярного діаметру пор сіток використовується метод деформування структури плетіння. Для розрахунку цього параметру розроблена нова математична модель процесу переміщення поверхні розділу фаз рідина-газ всередині чарунки деформованої сітки. Результати чисельного розрахунку за розробленою математичною моделлю збігаються з результатами фізичних експериментів.

Annotation. Capillary phase separators with metal meshes are used to hold a liquid propellant to a designated place into tanks under microgravity condition. To improve its parameters, namely to reduce the capillary pore diameter, the method of deformation of the weaving structure is used. To calculate this parameter, a new mathematical model of the process of moving the liquid-gas free surface inside the deformed mesh cell was developed. The results of the numerical calculation based on the developed mathematical model coincide with the results of physical experiments.

*Ключові слова: поверхня розділу фаз, еквівалентний капілярний діаметр пор, сітка, структура плетіння, кут переплетення волокон, математична модель.*

*Keywords: free surface, capillary pore diameter, mesh, weaving type, fiber weaving angle, mathematic model.*

Капілярні роздільники фаз рідина-газ з металевих плетених сіток з квадратними чарунками є важливим елементом конструкції баків ракет-носіїв та супутників, які служать для утримання рідких компонентів палива у визначеному місці у стані невагомості. При повторних запусках ракетного двигуна це забезпечує надходження до нього палива без газових включень і гарантований його запуск у штатному режимі [1].

Основною проектною характеристикою капілярних роздільників фаз є еквівалентний капілярний діаметр пор. Одним з способів покращення даної характеристики є фізичне деформування сітки шляхом зменшення кута переплетення волокон у її площині [2]. Розрахунок еквівалентного капілярного діаметру пор сітки зазвичай відбувається за спрощеними математичними моделями та на основі емпіричних експериментальних залежностей. Однак для випадку деформованих сіток такі дані відсутні.

Для розрахунку параметру еквівалентного капілярного діаметру пор деформованої сітки розроблено ряд нових математичних моделей. Шуканий параметр визначається шляхом моделювання процесу переміщення поверхні розділу фаз рідина-газ всередині чарунки сітки. В процесі моделювання вирішується система

функціональних залежностей еквівалентного капілярного діаметру пор від положення поверхні розділу фаз всередині чарунки сітки. Мінімум отриманої таким чином функції  $i$  є шуканою величиною [3]. Розроблені математичні моделі враховують: геометричні параметри типу сітки (величина чарунки у світлі та діаметр дроту), форму отвору чарунки у світлі, кут переплетення волокон, еліптичну форму поперечного перерізу дротів сітки, тип переплетення (полотняний та саржевий), контактний кут змочування рідини з поверхнею сітки.

Отримані системи функціональних залежностей у загальному вигляді не мають аналітичного рішення, тому для розрахунку використовувались чисельні методи. Результати чисельного моделювання показують, що лише врахування всіх вищезазначених параметрів надає результати, який збігаються з експериментальними даними.

Отримана система функціональних залежностей лягла в основу програми розрахунку характеристик деформованих сіток та використовується для розрахунку проектних параметрів капілярних роздільників фаз рідина-газ з покращеними характеристиками перспективних ракет-носіїв та космічних літальних апаратів.

### Список використаних джерел

1. Hartwig J. W. Liquid acquisition devices for advanced in-space cryogenic pro-pulsion systems. Academic Press, 2015. 488 p.
2. Pozdnyshev N. O. Development the capillary devices of launch vehicle tanks and peculiarities of hydrodynamic processes simulation occurring in them. Proceedings of the International Astronautical Congress, IAC. Toronto, 2014. Conference Paper, Vol. 1. P. 407–414.
3. Pozdnyshev M. O. Mathematical model for determine of the mesh bubble point pore diameter. Вісник Дніпровського університету. Серія: Ракетно-космічна техніка. Дніпро, 2020. Т. 28. №. 4. С. 143-151.

*В. В. Полуструєв, студент, В.Г. Зайцев, фіз.-м. н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[yaprostoyaitolkova@gmail.com](mailto:yaprostoyaitolkova@gmail.com)*

## МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ БІОЛОГІЧНОЇ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД В КОСМІЧНИХ КОРАБЛЯХ

Одним із ключових факторів у довгострокових космічних місіях є забезпечення ефективної системи очищення стічних вод на борту космічного корабля. Моделювання біологічної очистки стічних вод може допомогти оптимізувати ефективність таких систем.

Для побудови математичної моделі системи очистки стічних вод на космічних кораблях необхідно враховувати різні фактори, такі як: маса забрудненої води, концентрація забруднень вхідної води, тип системи очистки, час очищення, температура та інші параметри довкілля. Однією з можливих моделей може бути модель масового балансу, яка описує зміну маси забрудненої води в системі очистки. Ця модель може бути представлена рівнянням:

$$\frac{\partial m}{\partial t} = q_{in} - q_{out}$$

де  $m$  – маса забрудненої води в системі очистки;  $t$  – час;  $q_{in}$  – об'єм вхідної води;  $q_{out}$  – об'єм очищеної води

Також потрібно враховувати зміну концентрації забруднень у системі очистки. Це можна зробити, використовуючи рівняння масового балансу для кожного забруднювача. Наприклад, для органічних речовин рівняння може бути представлено у вигляді:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{q_{in}C_{in} - q_{out}C}{V}$$

де  $C$  – концентрація органічних речовин у системі очистки;  $C_{in}$  – концентрація органічних речовин у воді, що надходить;  $V$  – обсяг системи очищення.

Продовжуючи побудову моделі, можна також враховувати різні процеси очистки, наприклад, процес біологічної очистки, який зазвичай використовується на космічних кораблях. У цьому випадку, для кожного забруднювача можна використати кінетичне рівняння, щоб описати швидкість його розкладу або видалення. Наприклад, для біологічної очистки органічних речовин можна використати рівняння Моноди:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{q_{in}C_{in} - q_{out}C}{V} - k \frac{C}{K + C}$$

де  $k$  – коефіцієнт споживання органічних речовин,  $K$  – стала Моноди,  $C$  – концентрація органічних речовин у системі очистки.

Також можна враховувати вплив температури на процес очистки, використовуючи емпіричні рівняння, такі як рівняння Арреніуса.

Збираючи всі рівняння разом, можна побудувати комплексну математичну модель системи очистки стічних вод на космічних кораблях, яка дозволяє прогнозувати концентрацію забруднювачів у воді на будь-який момент часу, в

залежності від різних факторів, таких як маса води, тип системи очистки, час очищення та температура. Це допоможе розробити більш ефективні та економічні системи очистки стічних вод на космічних кораблях, що забезпечить безпеку та комфорт для екіпажу та підвищить ефективність космічних місій.



*І.О. Поцелуйко, студент, О. М. Пономарьов, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[ihorpotseluiko@gmail.com](mailto:ihorpotseluiko@gmail.com)*

## **МОДЕЛЮВАННЯ ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В КАМЕРІ ЗГОРАННЯ РАКЕТНОГО ДВИГУНА**

Анотація. В роботі розглянуті способи моделювання будови атома, будови молекул, перебігу хімічних процесів горіння та розкладання. Наведені принципи побудови математичних моделей цих взаємодій.

Annotation. Methods of modeling the structure of the atom, the structure of molecules, the course of chemical processes of combustion and decomposition are considered in the work. The principles of building mathematical models of these interactions are given

Ключові слова: *квантова хімія, камера згорання, моделювання, паливні композиції.*

Key words: *quantum chemistry, combustion chamber, modeling, fuel compositions.*

Пошук паливних сумішей для ракетних двигунів – це складна задача, яка стоїть перед інженерами та вченими, які займаються розробкою та вдосконаленням ракетно-космічної техніки. Основні проблеми, пов'язані з вибором палива: високі вимоги до енергетичних та експлуатаційних характеристик; складність та небезпечність випробувань; вимоги до економічних та екологічних властивостей [1].

Для зменшення витрат на пошук нових перспективних ракетних палив необхідно зменшувати кількість та номенклатуру випробувань та впроваджувати розробку інноваційних методів моделювання хімічних процесів. Основою методів моделювання можуть бути підходи молекулярної динаміки, квантово-хімічні методи, алгоритми машинного навчання, штучні нейронні мережі та інші. Такі методи можуть використовуватися для дослідження хімічних процесів на різних рівнях складності, від атомів та молекул до великих макромолекул і реакційних середовищ.

Для вирішення даної задачі в якості основного теоретичного інструменту побудови математичних моделей була застосована квантова хімія, яка використовує теорію квантової механіки для вивчення поведінки молекул, атомів та частинок на молекулярному рівні, прогнозування енергетичних рівнів, спектральних характеристик, міжмолекулярних взаємодій, процесів каталізу та ін. [2, 3].

Застосувавши методи квантової хімії будуть отримані детальніші та точніші прогнози поведінки хімічних систем в камері згорання ракетного двигуна, що має значення в розробці високоенергетичних палив, а також в розумінні складних високотемпературних процесів, які відбуваються на молекулярному рівні.

### **Список використаних джерел**

1. Егорычев В.С. Топлива химических ракетных двигателей: учеб. пособие / В.С. Егорычев, В.С. Кондрусев – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2007. – 72 с.
2. Стрижак П. Є. Квантова хімія: підруч. для студентів вищ. навч. закл. – Київ : Києво-Могили. акад., 2009. – 460 с.
3. Вакарчук І. О. Квантова механіка: підручник / І. О. Вакарчук. – 4-ге вид., доп. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2012. – 872 с.

*А.С. Смирнов, аспірант  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[smyrnovart@gmail.com](mailto:smyrnovart@gmail.com)*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИРІШЕННЯ НАВІГАЦІЙНОЇ ЗАДАЧІ РАКЕТОЮ-НОСІЄМ НАДЛЕГКОГО КЛАСУ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ БЕЗПЛАТФОРМНОЇ ІНЕРЦІАЛЬНОЇ НАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ**

У роботі розглянуто вплив похибок комплексу командно-вимірювальних приладів безплатформної навігаційної системи у складі бортової навігаційної апаратури комерційної надлегкої ракети-носія. Отримано математичний апарат розрахунку точності вирішення навігаційної задачі. In this paper impact of the errors of the Inertial Measurement Unit considered regarding to the whole navigation system of the ultralight launch vehicle based on strapdown principle. It had been gotten mathematician decision of the task of navigational accuracy estimation.

Ключові слова: ракета-носія надлегкого класу, точність навігації, навколоземна орбіта, фільтр Калмана.

Keywords: ultralight launch vehicle, accuracy of navigation, low-Earth orbit, Kalman filter.

Попит на запуски носіїв надлегкого класу стає дедалі жвавішим через їх значну перевагу у гнучкості застосування [1]. На фоні насичення ринку подібним класом носіїв природним чином зростають вимоги до виконання ними пускових місій. Через це розвивається навігаційне обладнання та його математичний апарат. Застосовані найчастіше безплатформні інерціальні навігаційні системи потребують доволі якісної корекції від зовнішніх пристроїв, як наприклад апаратури супутникової навігації. Алгоритм їх сполучення та фільтрації відповідає за якомога якісніше заміщення перевагами однієї системи недоліків іншої [2].

Ціллю даної роботи є оцінка точності вирішення навігаційної задачі ракетою-носієм надлегкого класу, навігаційний комплекс якої має осередок у вигляді безплатформної інерціальної системи, що доповнена апаратурою супутникової навігації. Проведено оцінку та аналіз можливої похибки у визначенні цільової орбіти, на яку впливають збурення конструктивного та розрахункового характеру. Для сумісної оцінки роботи компонентів навігаційної системи використано фільтр Калмана [3].

### **Список використаних джерел**

1. <https://universemagazine.com/en/prospects-for-the-ultralight-rocket-industry/>.
2. <https://aerospace.honeywell.com/us/en/about-us/blogs/advantages-of-inertial-navigation-system>
3. [https://www.ucalgary.ca/engo\\_webdocs/SpecialPublications/KIS%2001/PDF/0401.PDF](https://www.ucalgary.ca/engo_webdocs/SpecialPublications/KIS%2001/PDF/0401.PDF)

*М.В. Станілевич, студент, Л.І. Книш, д.т.н., професор  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[mishastanylevych@email.com](mailto:mishastanylevych@email.com)*

## **КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ВАКУУМНОГО СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРУ**

Вакуумні сонячні колектори є популярними пристроями для отримання теплової енергії за рахунок сонячної радіації. Ці системи мають складну структуру, яка побудована по принципу «труба в трубі». Канал з теплоносієм знаходиться в середині скляного вакуумованого конверта, який використовується для зменшення конвективних теплових втрат з поверхні теплоприймача. Багато факторів, що впливають на роботу вакуумного колектора, обумовлюють необхідність детального дослідження цієї системи експериментальними та числовими методами. Комп'ютерне моделювання температурного режиму вакуумних колекторів є важливим етапом при їх проектуванні та розробці. Таке моделювання дозволяє врахувати багато факторів, які впливають на роботу колектора, а саме, інтенсивність сонячного випромінювання, температуру повітря, швидкість руху теплоносія та багато іншого. Для цього використовуються різноманітні програмні засоби, серед яких багато комерційних CFD пакетів. Вартість таких розрахунків може значно перевищувати вартості самої системи. Тому, створення зручного програмного додатку для розрахунку основних параметрів вакуумного колектора є актуальною науковою задачею, яка була вирішена в даній роботі.

Програмний додаток створювався на основі 1D математичної моделі, яка побудована з використанням балансових співвідношень. Розроблена нелінійна математична модель розв'язувалась ітераційними методами з урахуванням критеріїв стійкості та збіжності. Програмний додаток було реалізовано на мові програмування C++ з використанням відповідних бібліотек.

В результаті проведеного моделювання були визначені оптимальні параметри вакуумного колектора, серед яких відстань між трубками, кількість і площа теплосприймаючих поверхонь, товщина шару вакуумного простору та інші. Ці результати дозволяють здійснювати ефективний аналіз різних варіантів проектування та обирати такий з них, який буде забезпечувати максимальну ефективність сонячного колектора.

Отже, створений програмний додаток є важливим інструментом проектування, який дозволяє зменшити витрати на проведення експериментів та забезпечити оптимальний режим роботи колектора.

*О.І. Трухіна, студентка, Т.В. Лабуткіна, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[alexandra16.tr@gmail.com](mailto:alexandra16.tr@gmail.com)*

## ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ НАВАНТАЖЕННЯ СУПУТНИКОВОЇ МЕРЕЖІ НА КОЛОВИХ І ЕЛІПТИЧНИХ ОРБИТАХ

Запропонована імітаційна модель навантаження супутникової мережі комутації пакетів, побудованої на різновисоких угрупованнях космічних апаратів (сегментах мережі) на колових і еліптичних орбітах. Застосування моделі спрямовано на вивчення функції забезпечення надійного поєднання різновисоких сегментів на колових орбітах шляхами передачі інформації еліптичними орбітами.

A simulation model of the load of the satellite packet switching network built on groups of spacecraft of different heights (network segments) in circular and elliptical orbits is proposed. The application of the model is aimed at studying the function of ensuring a reliable combination of segments of different heights in circular orbits by means of information transmission by elliptical orbits.

**Ключові слова:** супутникова мережа комутації пакетів, навантаження мережі, орбітальне угруповання, колові орбіти, еліптичні орбіти

**Key words:** a packet switching satellite network, network load, orbital grouping, circular orbits, elliptical orbits

Серед ознак, які відрізняють сучасні супутникові системи є такі: 1) застосування ліній міжсупутникового зв'язку (створення супутникової мережі); 2) побудова супутникових мереж на основі техніки комутації пакетів; 2) наявність в супутниковій системі різновисоких багатосупутникових угруповань [1-4]. Здебільшого, зараз використовуються і проєктуються супутникові мережі на колових орбітах, але невдовзі їх ефективно доповнить застосування еліптичних орбіт [2-4]. В перспективі в супутниковій мережі зв'язку можна передбачати як використання низки різновисоких орбітальних угруповань на колових орбітах, так і декількох різновисоких угруповань на еліптичних орбітах [2-4]. В даній роботі запропонована імітаційна модель навантаження супутникової мережі комутації пакетів, побудованої на різновисоких угрупованнях космічних апаратів (сегментах мережі) на колових і еліптичних орбітах. Головне спрямування застосування розробленої імітаційної моделі – дослідження впливу появи майже «вертикальних» ланцюжків передачі інформації еліптичними орбітами між «горизонтальними» мережами на колових орбітах. Поява таких ланцюжків забезпечить надійне поєднання різновисоких сегментів на колових орбітах шляхами передачі інформації еліптичними орбітами із застосуванням мало витратних за енергетикою пристроїв передачі, дозволить ефективно доповнити застосування потужних пристроїв прямої передачі інформації між віддаленими сегментами на колових орбітах [2-4].

Імітаційна модель передбачає моделювання руху супутників (вузлів мережі), визначення на поточний момент топології мережі (зв'язків між суміжними вузлами мережі, встановленими за заданими правилами з врахуванням розташування у просторі відповідних вузлам комічних апаратів, спрощеного моделювання навантаження мережі на основі підходу, запропонованого у роботі [5]. В роботі [6] була представлена імітаційна модель супутникової мережі комутації пакетів, яка розвивала модель [5] з тієї точки зору, що відтворювала використання додаткових

можливостей застосування на еліптичних орбітах пристроїв зв'язку шістьох типів, описаних в роботі [7], але в ній моделювалося тільки угруповання на еліптичних орбітах. Запропонована в даній роботі імітаційна модель відтворює саме синергетичне поєднання сегментів мереж на колових і еліптичних орбітах.

### Список використаних джерел

1. Combes S. Satellite and next generation networks / S. Combes, O. Alphand, P. Berthou, T. Gayraud // QoS issues, – Journal of space communications, 20, 3-4 (2005) p.101-119.
2. Лабуткіна Т.В. Інтегрована супутникова система та інформаційна система в її основі: основні положення концептуального рішення // International scientific conference “Features of innovative development in the field of technology: the comparative experience of Ukraine and the European Union” : conference proceedings, August 5–6, 2022. Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2022. Pp. 28-32. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-230-2-7>
3. Лабуткіна Т.В., Перепелиця М.О. Концепція кластеру космічних апаратів з адаптивним до зміни задач орбітальним угрупованням як складової супутникової інтерсистеми. Trends in science and practice of today. Proceedings of the XXIX International Scientific and Practical Conference. Stockholm, Sweden. 2022. Pp. 11–14. DOI: 10.46299/ ISG.2022.1.29. URL: <https://isg-konf.com/trends-in-science-and-practice-of-today>
4. Лабуткіна Т.В. Концепція використання еліптичних орбіт у супутникових системах зв'язку / Т.В. Лабуткіна, С.В. Курносова // Eurasian scientific academy. Proceedings of the 1<sup>st</sup> International scientific and practical conference. Barca Discutemy Publishing. Barcelona, Spain. 2022. Pp. 227-234. URL: <https://sci-conf.com.ua/imezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-eurasian-scientific-discussions-13-15-fevralya-2022-goda-barselona-ispaniya-arhiv/>
5. Лабуткіна Т.В., Курносова С.В. Концепція міжсупутникових зв'язків космічного апарату на еліптичних орбітах / Т.В. Лабуткіна, С.В. Курносова // Innovations technologies in science and practice. Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference. Haifa, Israel. 2022. Pp. 521-530. Available at: DOI: 10.46299/ISG.2022.I.VI URL: <https://isg-konf.com/uk/innovations-technologies-in-science-and-practice-ua/>
6. Курносова С.В. Навантаження та маршрутизація у супутникових мережах на еліптичних орбітах / С.В. Курносова, Т.В. Лабуткіна // Тези XXIV Міжнародної молодіжної науково-практичної конференції «Людина і космос», 25-27 травня 2022 (13-15квітня 2022), Дніпро, Україна. – С.76. <https://spacehuman.org/files/doc/sbornik2022.pdf>
7. Борщѐва, А. В. Моделирование кинематики составной линии связи между космическими аппаратами спутниковой сети с разновысотными орбитальными группировками [Текст] / О. В. Борщѐва, Т. В. Лабуткина // Системне проектування та аналіз характеристик аерокосмічної техніки : Збірник наукових праць. – 2015. – Т. XVII. – С. 9-25.

# **НЕТРАДИЦІЙНІ ІДЕЇ ТА ПРОЕКТИ**

**Шевцов Василь Юхимович**  
кандидат технічних наук, доцент

О.Р. Акішев, студент, Т.В. Лабуткіна, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. Олеса Гончара  
[bioparox76@gmail.com](mailto:bioparox76@gmail.com)

## «ЛАНЦЮЖКОВІ» СПОСТЕРЕЖЕННЯ ОРБІТАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ: ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО РЕАЛІЗАЦІЇ СЕАНСІВ КОМБІНОВАНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

*Розвинуто підхід до систематизації видів сеансів спостереження орбітальних об'єктів, який враховує сучасні тренди у напрямку ефективного комплексного застосування наземних і орбітальних засобів спостереження. Представлена інноваційна пропозиція щодо проведення комбінованих спостережень за схемою «спостереження спостерігача», яка передбачає «ланцюжкові» спостереження з декількох «ланок», в кожній з яких один спостерігач стає об'єктом спостереження іншого спостерігача.*

*An approach to the systematization of the types of observation sessions of orbital objects has been developed, which takes into account modern trends in the direction of effective integrated use of ground and orbital means of observation. An innovative proposal for conducting combined observations based on the "observer observation" scheme is presented, which involves "chain" observations from several "links", in each of which one observer becomes the object of observation by another observer.*

**Ключові слова:** орбітальний об'єкт, наземні і орбітальні засоби спостереження, елементарні та складові пристрої спостереження орбітальних об'єктів, ланцюжкові спостереження орбітальних об'єктів на основі сеансів за схемою «спостереження спостерігача»

**Key words:** orbital object, ground and orbital means of observation, elementary and component devices for observation of orbital objects, chain observations of orbital objects based on sessions according to the "observer observation" scheme

Використання космосу на засадах безпеки, системності та високої ефективності потребує контролю множини орбітальних об'єктів у навколосемному просторі. Тому розвиток різноманітних засобів і методів спостереження орбітальних об'єктів стає все більш актуальним. Серед множини підходів до вирішення задачі спостереження виділимо такі тенденції: 1) ефективно розвиваються засоби спостереження наземного базування; 2) розпочався все більш активний розвиток засобів орбітального базування; 3) розглядаються концепції систем спостереження орбітальних об'єктів на основі комплексного застосування наземних і орбітальних засобів. Узагальнюючі підходи до класифікації та найменування сеансів спостереження, представлені в роботах [1-3], виділимо такі види сеансів спостереження: 1) сеанс, реалізований одним наземним пристроєм спостереження, – елементарне наземне спостереження; 2) сеанс, реалізований одним орбітальним пристроєм спостереження (пристрій встановлено на космічному апараті), – елементарне спостереження з орбіти; 3) сеанс, реалізований декількома пристроями спостереження, які високо синхронізовано у часі і злагоджено спостерігають один об'єкт, – спостереження складовим пристроєм спостереження (можливі два види складових пристроїв: перший вид – моноосновний пристрій, до складу якого входять однотипні пристрої спостереження, наприклад, описані в роботі [2] спостереження за схемою «один об'єкт – к засобів»; другий вид – гібридний пристрій, у складі якого є

пристрої різного типу за принципом використання, або мають суттєву відмінність технічних характеристик, або різняться містом базування, наприклад, в роботах [1,3] та інших йдеться про гібридний пристрій спостереження, який складається з двох пристроїв, з яких один – наземного базування, а інший – орбітального базування); 4) якщо один з пристроїв орбітального базування, який бере участь у сеансі спостереження, сам злагоджено і синхронізовано з його спостереженнями стає об'єктом спостереження, то реалізуються комбіновані спостереження (комбіновані спостереження концептуально визначені у роботі [3] і представлені за низкою схем реалізації у роботі [1]).

Пропонується інноваційний підхід до реалізації комбінованих спостережень за схемою «ланцюжкові спостереження». Базовою основою реалізації такої схеми стає наявність спостереження орбітального об'єкту із застосуванням гібридного пристрою, який складається з наземного і орбітального пристроїв, або із використанням тільки орбітального пристрою. Космічний апарат «спостерігач», який несе пристрій спостереження, спостерігається іншим космічним апаратом (схема «спостереження спостерігача» [3]), і це є першим ланцюжком. Космічний апарат, який реалізує «спостереження спостерігача», сам стає об'єктом спостереження для іншого спостерігача, і так ланки «спостереження спостерігачів» продовжуються задану кількість разів  $N$  (створюється  $N$  послідовних «ланцюжків» «спостереження спостерігача»). «Ланцюжкові спостереження» будуть сприяти підвищенню ефективності застосування засобів спостереження та стануть елементарною основою побудови каскадних і деревовидних «архітектур» сеансів спостереження.

### Список використаних джерел

1. Лабуткіна Т.В., Акіншнев О.Р. Сеанси спостереження орбітальних об'єктів за схемою «спостереження спостерігача» із застосуванням наземних і орбітальних засобів // Actual problems of learning and teaching methods. Proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference. Vienna, Austria. 2022. Pp. 489-498 <https://isg-konf.com/actual-problems-of-learning-and-teaching-methods/>
2. Лабуткіна Т.В. Методи планування спостереження орбітальних об'єктів орбітальними засобами за схемою сеансу « один об'єкт - k засобів» / Т.В. Лабуткіна Р.В. Ананко // IV науково-практичної конференції «Аерокосмічні технології в Україні: проблеми та перспективи», Київ, 9 -10 вересня 2021 року. - С. -71-73. [https://spacecenter.gov.ua/contents/uploads/2021/09/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%A2%D0%B5%D0%B7\\_4\\_%D0%9D%D0%9F%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%84.pdf](https://spacecenter.gov.ua/contents/uploads/2021/09/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%A2%D0%B5%D0%B7_4_%D0%9D%D0%9F%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%84.pdf)
3. Акіншев О.Р., Лабуткіна Т.В. Гібридний засіб спостереження орбітальних об'єктів, складений з наземного і орбітального засобів, доповнений спостереженням орбітального спостерігача. // Тези XXIV Міжнародної молодіжної науково-практичної конференції «Людина і космос», 25-27 травня 2022 (13-15квітня 2022), Дніпро, Україна. – С.106. [https://spacehuman.org/\\_files/doc/sbornik2022.pdf](https://spacehuman.org/_files/doc/sbornik2022.pdf)



Р.В. Ананко, аспірант, Т.В. Лабуткіна, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[sa9in1@gmail.com](mailto:sa9in1@gmail.com)

## ГЛОБАЛЬНЕ РІШЕННЯ ЗАДАЧІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ МНОЖИНИ ОРБІТАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ: «ГОРИЗОНТАЛЬНІ» І «ВЕРТИКАЛЬНІ» СПОСТЕРЕЖЕННЯ НАВКОЛОЗЕМНОГО ПРОСТОРУ

Запропоновано концептуальне рішення щодо принципів побудови супутникової системи спостереження орбітальних об'єктів, побудованої на різновисоких орбітальних угрупованнях, у аспекті забезпечення глобального неперервного покриття космічного простору миттєвими зонами можливого застосування пристроїв спостереження орбітальних об'єктів. Інноваційна пропозиція – перекриття області висот навколоземного простору, яка спостерігається, зонами спостережень двох видів: 1) «вертикальними», що реалізовані пристроями спостереження над і під площиною миттєвого горизонту, 2) «горизонтальними», які реалізовані ліворуч і праворуч по ходу руху космічного апарату та попереду і позаду нього.

*A conceptual solution is proposed regarding the principles of building a satellite system for observing orbital objects, built on constellations of different heights, in the aspect of ensuring global continuous coverage of outer space with instantaneous zones of possible application of devices for observing orbital objects. An innovative proposal is the overlapping of the area of altitudes of the near-Earth space, which is observed, with observation zones of two types: 1) "vertical", which are implemented by observation devices above and below the plane of the instantaneous horizon, 2) "horizontal", which are implemented to the left and right along the movement of the spacecraft and in front and behind him.*

**Ключові слова:** супутникова система спостереження орбітальних об'єктів, миттєва зона можливого застосування пристрою спостереження, глобальне покриття навколоземного простору зонами застосування пристроїв спостереження, «горизонтальні» і «вертикальні» спостереження засобами орбітального базування.

**Keywords:** a satellite surveillance system of orbital objects, an instantaneous zone of possible application of the surveillance device, the global coverage of the near-Earth space by zones of use of surveillance devices, "horizontal" and "vertical" surveillance by orbital basing means.

Прагнення людства розвивати космічні технології, інтенсифікувати їх застосування, нарощувати використання космосу у практичних і гуманітарних цілях та задля забезпечення глобальної безпеки обґрунтовують необхідність ефективних комплексних рішень, до базових складових яких входить контроль множини орбітальних об'єктів у навколоземному просторі. Вирішення цієї задачі тісно пов'язано з розвитком системи спостереження орбітальних об'єктів, до якої увійдуть засоби спостереження наземного і орбітального базування [1]. Невдовзі важливою складовою цієї системи стане глобальна супутникова система на різновисоких орбітальних угрупованнях, ефективність якої пов'язана із комплексним, злагодженим застосуванням множини пристроїв спостереження орбітального базування на основі синергетичного поєднання їх різноманіття за технологіями реалізації спостережень та принципами спільного застосування [2,3].

В даній роботі представлено концептуальне рішення щодо принципів побудови супутникової системи спостереження орбітальних об'єктів на різних високіх орбітальних угрупованнях в аспекті забезпечення глобального неперервного покриття космічного простору миттєвими зонами можливого застосування пристроїв спостереження орбітальних об'єктів. Кутове положення космічного апарату-спостерігача відносно центру мас постійно стабільно орієнтовано відносно осей барицентричної орбітальної системи координат. На космічному апараті встановлені пристрої шістьох типів, області використання яких на основі умов реалізації за дальністю та можливою просторовою орієнтацією визначимо як конуси. Вісь симетрії кожного з конусів співпадає з одною з осей барицентричної орбітальної систем і координат. Пристрої типів 1 і 2 спрямовані над і під площину миттєвого місцевого горизонту космічного апарату відповідно. Будемо називати спостереження, реалізовані цими пристроями, «вертикальними». Пристрої типів 3 і 4 ведуть спостереження ліворуч і праворуч від орбітальної площини космічного апарату, а пристрої 5 і 6 – попереду і позаду від напрямку рух. Будемо називати спостереження, реалізовані пристроями 3-6, – «горизонтальними». Запропоновано розвиток підходу до забезпечення покриття заданої області висот над Землею зонами використання пристроїв спостереження на основі реалізації «вертикальних» спостережень, представленого у роботі [3]. Інноваційна пропозиція у перекритті області висот навколоземного простору зонами спостережень двох обох названих видів – «вертикальними» і «горизонтальними». Додавання «горизонтальних» спостережень надасть можливість здійснення сеансів спостереження більшої тривалості, так як можуть спостерігатися об'єкти з меншою швидкістю накопичення розбіжності уздовж орбіти їх положень з положенням космічного апарату-спостерігача. Також стануть можливі спостереження на ближчій відстані.

### Список використаних джерел

1. Лабуткіна Т.В., Хлапоніна А.В., Акіншев О.Р. Концепція системи з наземними і орбітальними засобами спостереження орбітальних об'єктів: стратегії використання засобів. // *Multidisciplinary academic notes. Theory, methodology and practice. Proceedings of the XVII International Scientific and Practical Conference. Tokyo, Japan. 2022. Pp. 1060-1069* URL: <https://isg-konf.com/multidisciplinary-academic-notes-theory-methodology-and-practice/>
2. Ананко Р.В. Навколоземний космос, контрольований людством: системність підходів, глобальність рішень, система-спостерігач на навколоземних орбітах / Р.В. Ананко, Т.В. Лабуткіна // Друга науково-практична Інтернет-конференція «Космічні горизонти», третій етап конференції - «Космос для людства». Збірник тез, НЦАОМ, Дніпро, 1-3 грудня, 2022. - С. 33-43. URL: [https://space-horizons.org.ua/uploads/source/archiv\\_2022\\_3/tezu\\_3\\_2022.pdf](https://space-horizons.org.ua/uploads/source/archiv_2022_3/tezu_3_2022.pdf)
3. Лабуткіна Т.В. До концепції складової супутникової системи спостереження орбітальних об'єктів на основі стабільних регулярних угруповань космічних апаратів / Р.В. Ананко, Т.В. Лабуткіна // *Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference. Stockholm, Sweden. 2023. Pp. 616-625.* URL: <https://isg-konf.com/prospects-of-modern-science-and-education/>

Б.С. Ахтирський, студент, І.І. Карпович, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[ahtirskijboris@gmail.com](mailto:ahtirskijboris@gmail.com)

## ВИКОРИСТАННЯ ОБТІЧНИКА ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ШВИДКОСТІ ТА КЕРУВАННЯ 2-Ї СТУПЕНІ ПРИ ВХОДІ В АТМОСФЕРУ ТА ПРИ ПОСАДЦІ

Анотація

*У роботі наведено спосіб зменшення швидкості другого ступеня ракети при вході до атмосфери*

Abstract

*The work presents method of reducing the speed of the second stage of the rocket upon entering the atmosphere*

Одним з актуальних на сьогодні напрямків в цивільному ракетобудуванні є створення багаторазових ракетосіів [1,2]. Прикладом є розробка багаторазового першого ступеня ракети компанією Ілон Маска - "SpaceX" [3].

Створення багаторазового першого ступеня зменшило витрати на виведення корисного вантажа на орбіту. Але через величезні швидкості і величезні витрати на сповільнення, ще ніхто не зміг зробити другу ступінь багаторазовою хоча намагаються [4].

Для вирішення цієї проблеми нами пропонується використовувати обтічник для сповільнення. Обтічник має складатися мінімум з трьох пелюстків. Кожна пелюстка має незалежний електро- або гідропривід для керуванням розкриттям та, тим самим, траєкторією спуску.

Для оптимального входження та для оптимальної будови механізму необхідно дотримуватися алгоритму дій при вході в атмосферу. Алгоритм представляє собою вхід до атмосфери з певним кутом  $1-2^0$ , а також з поступовим відкриттям обтічник. Необхідно також використовувати пелюстки як аеродинамічні рулі для контролю траєкторії.

### Список використаних джерел

1. "Aerodynamic Decelerator Systems for Planetary Entry, Descent, and Landing" by D. D. Way, S. A. Kaszubowski, and D. E. Bruneau, Journal of Spacecraft and Rockets, Vol. 42, No. 2 (2005)
2. "Atmospheric Entry Aerodynamics" by M. A. Caporicci and W. H. Mason, Annual Review of Fluid Mechanics, Vol. 13 (1981)..
3. <https://www.spacex.com/vehicles/falcon-9/>.
4. <https://www.spacex.com/vehicles/starship/>.

*О.С. Жуган**Державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне»  
[zhugan\\_aleksandr@ukr.net](mailto:zhugan_aleksandr@ukr.net)*

## **УНІФІКОВАНИЙ БАРАЖУЮЧИЙ БОЄПРИПАС ДЛЯ УРАЖЕННЯ НАЗЕМНИХ ТА ПОВІТРЯНИХ ЦІЛЕЙ**

Анотація: Аналіз тенденцій розвитку сучасних засобів ураження та тактик їх застосування демонструє стрімкий ріст ролі баражуючих боеприпасів (ББ) різних класів та призначення. Найбільш актуальним для Збройних Сил України є створення комплексів великої дальності та протиповітряних комплексів на базі ББ. Засіб ураження таких комплексів може бути уніфікованим, що забезпечить зменшення витрат на розроблення та запуск виробництва ББ, а також термінів розробки.

Annotation: Trends analysis of the modern weapon and war tactics show fast increases of the role of loitering munitions (LM) various classes and destination. Development of the high-range and air defense systems based of LM is the topical purpose for Ukrainian Armed Forces. The munition of these systems can be unified to decrease cost of the LM development and manufacturing, as well as development cost.

Ключові слова: баражуючий боеприпас, уніфікований засіб ураження.

Key words: loitering munition, unified munition.

Досвід військових конфліктів сучасності показує, що особливо важливу роль на полі бою відіграють БПЛА різного призначення. Одним з видів БПЛА є ударні апарати одноразової дії, що дістали назву ББ [1]. Серед ББ можна виділити засоби ураження наземних цілей (які за оперативним радіусом дії можна розділити на тактичні, оперативно-тактичні та оперативні) та для ураження повітряних цілей.

Особливості ведення бойових дій у ході війни в Україні показали, що на озброєнні необхідні ББ усіх класів. При цьому тактичні ББ призначені для ураження особового складу та легкої техніки у безпосередній близькості до лінії бойового зіткнення, оперативно-тактичні забезпечують ураження цілей в ближньому тилу (зокрема артилерійських установок, ЗРК та РЛС), а оперативні використовуються для нанесення ударів по критичній інфраструктурі та військових об'єктах разом з КР. У той же час, існує потреба перехвату значної кількості повітряних цілей з малою швидкістю та маневреністю (у тому числі БПЛА, ББ противника, армійська авіація тощо), для чого в деяких країнах створені комплекси ППО на базі ББ [2].

Для потреб ЗСУ у тактичних та оперативно-тактичних ББ підприємствами ВПК України було створено низку ББ [3], водночас у нішах оперативного та протиповітряного ББ наразі відсутні зразки, що освоєні промисловістю та запущені у серійне виробництво. Враховуючи зазначене, доцільним є створення уніфікованого засобу ураження для оперативних комплексів на базі ББ та комплексів ППО. Головною відмінністю між ББ має бути відсік бойового оснащення (БО). Враховуючи типові цілі та тактику застосування, до складу відсіку БО ББ для ураження повітряних цілей має входити БЧ, неконтактний підіривний пристрій та система порятунку, у той час як весь об'єм відсіку БО ББ для ураження наземних цілей буде зайнятий БЧ. Решта складових частин плану, систем та агрегатів ББ буде уніфіковано.

### Список використаних джерел

1. D. Gettinger, AN Michel - Center for the Study of the Drone, 2017 - dronecenter.bard.edu.
2. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://imp-navigator.livejournal.com/822464.html>.
3. В.О. Шлапацький, Ю.О. Камак, В.А. Журахов, М.М. Геращенко/ Перспективи застосування ударних безпілотних авіаційних комплексів в збройних силах України» /Військово-технічні проблеми. – 2015 – С. 50 – 55.

*С.В. Кудасв, студент, В.Ю. Шевцов, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
[evgenboyan@gmail.com](mailto:evgenboyan@gmail.com)*

## **“КОРАБЛІ-АСТЕРОЇДИ” ЯК СПОСІБ ПРОТИРАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ ПРИ ПЕРЕЛЬОТАХ ДО ІНШИХ ПЛАНЕТ**

**Анотація:** Перельоти астронавтів до інших планет пов'язані з радіаційною небезпекою, з обмеженим простором життєдіяльності, зі значною вартістю проекту в цілому. Рішенням даних питань може бути застосування в якості постійно діючого транспортного засобу астероїдів, переобладнаних для тривалого перебування на них астронавтів та для циклічного переміщення вантажів із Землі до планет.

**Ключові слова:** планети, перельоти, астронавти, захист, астероїд.

**Abstract:** The flights of astronauts to other planets are associated with radiation danger, with limited living space, with a significant cost of the project as a whole. The solution to these problems can be the use of asteroids converted for long-term stay of astronauts on them and for the cyclic movement of cargo from Earth to the planets, as a constantly operating vehicle.

**Keywords:** planets, astronauts, flight, protection, asteroid.

При польотах до планет найбільшою небезпечною для життєдіяльності астронавтів є дія радіації сонячного та галактичного космічного випромінювання. Службові конструкції космічної техніки не лише не вирішують задачу захисту, а з часом, накопичуючи елементи радіаційного впливу, самі стають додатковими джерелами небезпеки. Не вирішують проблему і спеціальні протирадіаційні покриття, що є ефективними при значній товщині і масі. Особливо гостро дана проблема постане при тривалому перебуванні астронавтів у відкритому просторі поза межами магнітного поля Землі.

На думку авторів даної роботи, кардинальним рішенням даної проблеми може бути використання в якості постійно діючого транспортного засобу при перельотах до тої чи іншої планети астероїдів прийнятних габаритів і маси. Розміри обраного в якості “космічного корабля” астероїда мають відповідати вимогам габаритів вантажів, що переміщуються, та систем життєзабезпечення обслуговуючого персоналу. Оскільки простір життєдіяльності знаходиться в середині астероїда, то товщина захисної оболонки із матеріалу астероїда може сягати десятків і сотень метрів, що буде цілком достатнім для протирадіаційного захисту.

Особливістю даного проекту є те, що “корабель-астероїд” шляхом зміни його природньої орбіти переводиться на робочу еліптичну орбіту. Так, для перельотів до Марсу має бути орбіта з точкою перигелію на зовнішній стороні сфери дії Землі і точкою апогелію на внутрішній стороні сфери дії Марса по відношенню до Сонця для запобігання перетину робочої орбіти з орбітами планет і уникання планетарних катастроф. Окрім того, параметри робочої орбіти мають відповідати кратному співвідношенню періодів обертання Землі і Марса для забезпечення регулярності зустрічей “корабля-астероїда” з пунктами “сполучення”. По-суті перельоти на іншу планету, при наявності подібних транспортних “кораблів-астероїдів”, зводиться до наступних операцій: 1) переміщення астронавтів і вантажів з Землі в точку перигелію орбіти астероїда в час його прибуття в дану точку; 2) перехід астронавтів і

переміщення вантажів на астероїд; 3) розвантаження і перехід астронавтів на “шлюпку” доставки всього необхідного на поверхню планети.

Проблемою поставленої задачі в цілому можуть стати значні енергетичні затрати на корекцію орбіти астероїда, але з часом вони можуть бути вирішені застосуванням атомних ракетних двигунів або електрореактивних двигунів тривалої дії, що використовуватимуть енергію Сонця і ресурси самого астероїда.

### **Список використаних джерел**

1. Проектування і конструкція ракет-носіїв: Підручник / В.В. Близниченко та ін.; за ред. акад. С.М. Конюхова. - Д.: Вид-во ДНУ, 2007, 504 с.
2. Space Radiation Protection Countermeasures in Microgravity and Planetary Exploration [Електронний ресурс] // National Center for Biotechnology Information – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8398261/>
3. Size distribution of asteroids. Ishida, K., Mikami, T., & Kosai, H. Astronomical Society of Japan, Publications (ISSN 0004-6264), vol. 36, no. 2, 1984, p. 357-370. Sponsorship: Ministry of Education, Science, and Culture.

*М.О. Манойло, студент, К.Г. Сєдачова, викладач  
Фаховий коледж ракето-космічного машинобудування  
Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара  
[manojlonikita62@gmail.com](mailto:manojlonikita62@gmail.com)*

## **ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ МІКРО КЛАСУ ДЛЯ ЗНИЩЕННЯ НАЗЕМНИХ ЦІЛЕЙ**

Анотація: Перспективний спосіб використання БПЛА на сучасному полі бою.

Abstract: A promising way to use UAVs on the modern battlefield.

Ключові слова: БПЛА, ППО, дрони, мікро клас.

Keywords: UAV, air-defence, drones, micro drones.

Методи ведення сучасних бойових дій в Україні показали високу ефективність використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) на полі бою. Зафіксовано поодинокі випадки переоснащення розвідувальних безпілотників мікро та міні класу в дрони-камікадзе для виконання задач із знищення важливої інфраструктури у тилу ворога.

Успішне використання подібних БПЛА показало неспроможність ворожої протиповітряної оборони (ППО) протистояти повітряним атакам такого типу, що дає можливість більш широко використовувати такі засоби для знищення наземних цілей, що є нерухомими або маломобільними.

На початку повномасштабної війни у засобах масової інформації широко висвітлювалась тема використання БПЛА на полі бою. Це сприяло створенню ініціативних груп, що наразі виготовляють безпілотники мікро класу для збройних сил України. Учасники подібних груп використовують широкодоступні матеріали та компоненти для створення своїх дронів, що дозволяє задовольняти потреби армії за відносно малі кошти та швидко модифікувати свої вироби за спеціальних потреб.

Перспективною ідеєю є масове виготовлення дронів-камікадзе мікро класу, з підвищеною дальністю польоту, бо завдяки своїм розмірам вони мають малу радіопомітність, проте здатні летіти на великій висоті підтримуючи високу швидкість. Ці показники роблять подібні БЛА невідомою мішенню для більшості систем радіоелектронної боротьби та ППО, а розвиваючи велику швидкість при пікіруючій атаці, дрон стає важкою ціллю для зенітних систем ближньої дії.

Таким чином можна забезпечити фронт недорогою та ефективною зброєю для ліквідації тилowych запасів ворога, не залучаючи до цього високоточну артилерію. Також можливе використання безпосередньо поблизу лінії зіткнення для атаки по місцю дислокації ворога без ризику миттєвої відповіді з боку артилерії.

### **Список використаних джерел**

1. [https://lb.ua/society/2022/06/22/520884\\_naftopererobniiy\\_zavod\\_rosii\\_mig.html](https://lb.ua/society/2022/06/22/520884_naftopererobniiy_zavod_rosii_mig.html)
2. <https://mil.in.ua/uk/news/v-ukrayini-testuyut-dron-kamikadze-pilum/>
3. <https://9-channel.com/2022/11/05/u-dnipri-vygotovyly-novyj-bezpilotnyk-dlya->

zsu/



*І.Я. Михайлюк, студент, В.Ю. Шевцов, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
[i.am.mad.scientist.it.is.so.cool@gmail.com](mailto:i.am.mad.scientist.it.is.so.cool@gmail.com)*

## МОДУЛЬНА КОМПОНОВКА РАКЕТ-НОСІЇВ НАДЛЕГКОГО КЛАСУ

**Анотація:** вартість ракет-носіїв залежить від серійності їх виробництва. Одним із напрямків збільшення серійності є використання в складі ракет-носіїв модульних відсіків. В якості вихідної моделі пропонуються стандартні відсіки і двигуни ракети-носія легкого класу для виводу на опорну орбіту корисного вантажу в одну тону.

**Ключові слова:** ракета-носій надлегкого класу, модульна компоновка, серійне виробництво.

**Abstract:** the cost of launch vehicles depends on their serial production. One of the ways to increase the serial number is the use of modular compartments as part of launch vehicles. As an initial model are offered standard compartments and engines of a light-class launch vehicle for launching a payload of one ton into a reference orbit.

**Keywords:** ultralight class launch vehicle, modular layout, serial production.

Зменшення маси космічних апаратів комерційного призначення від кількох десятків кілограм до ваги «кубсатів» потребує використання ракет-носіїв надлегкого класу. Використання ракет-носіїв середнього і важкого класів для одночасного запуску великої кількості космічних апаратів вагою до кількох сотень кілограм економічно ще є виграшним, особливо при створенні глобальних систем, в склад яких входить десятки, а, в деяких варіантах, і сотні об'єктів. Але при виведенні космічних апаратів на нестандартні орбіти для виконання задач різного характеру існуючі на сьогодні ракети-носії ні енергетично, ні економічно вважаються не ефективними. Щоб бути конкурентоспроможною, ракета-носій надлегкого класу повинна забезпечувати мінімальний рівень вартості виведення одного кілограму космічного вантажу на проміжну орбіту. Поставлена задача є комплексною і потребує суттєвого зменшення витрат, починаючи з проектування і закінчуючи виробництвом як усіх комплектуючих систем, так і ракети в цілому. При цьому суттєвий вплив на вартість мають відпрацювання, серійність та багаторазовість використання. З метою реалізації серійності в розробці надлегкого ракети-носія використовувалась ідея фірми «OTRAG» модульного складу як окремого носія, так і їх комплектуючих при виведенні більш важкого корисного вантажу [2]. Основним елементом носія, що проектується, був стандартний ракетний блок вагою  $G_0 = 1,0$  т з витісною системою подачі компонентів палива до камери згорання, що доцільно при тязі маршового двигуна до 2 тон. При подовженні модуля ракетного блока  $l_m = 5$  діаметр становитиме 0,6 метрів, а довжина 3 метри. Величина питомого імпульсу приймалась  $I_{пит} = 2500$  М/с, відносна суха вага ракетного блоку  $\xi_{сух} = 0,2$ . Тяга двигуна ракети-носія з таким низьким значенням  $I_{пит}$  і відносно високим значенням  $\xi_{сух}$  для досягнення характеристичної швидкості близької до  $1000$  М/с повинна мати в своєму складі не менше трьох ступенів. Розгінний блок першого ступеню складається із семи стаціонарних модулів, другий із трьох, третій – з одного модуля з корисним вантажем. Як показали розрахунки першого наближення запропонована ракета-носій зі стартовою вагою в 12 тон може винести на опорну орбіту від 50 до 100 кілограм корисного вантажу. При цьому модульна схема такої ракети-носія спрощує

конструкцію і в значній мірі знижує її вартість завдяки серійності. Відсутність ТНА в модулі при подачі компонентів палива також в значній мірі зменшує вартість виведення космічного апарату на орбіту. Попередні експертні оцінки економічної ефективності дозволяють говорити про зниження вартості запуску 1кг корисного вантажу майже вдвічі, а також про перспективність і доцільність проектування носіїв надлегкого класу.

#### **Список використаних джерел**

1. Проектування і конструкція ракет-носіїв : Підручник. / В. В. Близниченко, С. О. Джур, Р. Д. Краснікова, Л. Д. Кучма, А. К. Линник та ін; за ред. акад. С. М. Конюхова. — Д.: Вид-во ДНУ, 2007. — 504 с.
2. Otrag [Електронний ресурс] // Encyclopedia Astronautica – Режим доступу до ресурсу: <http://www.astronautix.com/o/otrag.html>

*І.Г. Олішевський, асистент, Г.С. Олішевський, к.т.н., доцент  
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»  
[olishevskiy@ukr.net](mailto:olishevskiy@ukr.net)*

## **ОБҐРУНТУВАННЯ МОЖЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ В ТЕПЛОФІКАЦІЙНОМУ РЕЖИМІ**

Анотація. Проаналізовано можливість застосування гідроелектростанцій у теплофікаційному режимі. Abstract. The possibility of using hydroelectric power plants in heating mode has been analyzed.

Ключові слова: енергозбереження, теплові насоси, автоматизація.

Keywords: energy saving, heat pumps, automation.

В сучасних умовах енергетична система України має суттєві проблеми з дефіцитом усіх видів енергії, а саме: не тільки електричної але й теплової, особливо у холодну пору року.

Зараз виробництво електроенергії та теплової енергії здійснюється переважно окремо, відповідно на теплових і атомних станціях та в котельнях. Проте теплові електростанції (ТЕС) мають відносно невеликий максимальний ККД (близько 42%) і переважна кількість теплоти марно викидається в навколишнє середовище. На ТЕЦ здійснюється сумісне виробництво електричної і теплової енергії. При цьому майже удвоє збільшується коефіцієнт використання теплової енергії. Але в свою чергу значно зменшується частка вироблення електроенергії в загальному енергобалансі станції у порівнянні з ТЕС (в середньому удвічі).

Було запропоновано ідею щодо використання гідроелектростанції (ГЕС) в режимі ТЕЦ. Для реалізації цієї нетрадиційної технології було вирішено застосувати тепловий насос (ТН). Тобто, при роботі ГЕС тепловий насос відбирає низькопотенційну теплову енергію від потоку води, що проходить через турбіну і нагріває воду для систем централізованого опалення та гарячого водопостачання.

Слід зазначити достатню кількість джерела низькопотенційної енергії, близьке розташування ГЕС до великих міст, практично відсутність витрат на функціонування насосного обладнання й практично повна незалежність від паливних ресурсів. За допомогою розробленої методики було визначено, що застосування запропонованої технології дозволить опалювати цілі міста, що знаходяться поряд з ГЕС без витрат палива і в практично необмежених співвідношеннях виробництва електричної та теплової енергії.

### **Список використаних джерел**

1. Олішевський І.Г. Автоматизована методика розрахунку параметрів для нетрадиційних технологій опалення та кондиціонування будівель/ І.Г. Олішевський, Г.С. Олішевський // Електротехніка та електроенергетика. / Запорізький нац. ун-т «Запорізька політехніка». – Запоріжжя, 2021. – № 3. – С. 40-47.
2. Захарченко А.С. Підвищення енергоефективності систем опалення будівлі за рахунок впровадження модельно-прогнозного керування / А.С. Захарченко, О.В. Степанець // «Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування»: XVII Міжнародна наук.-техн. конф., 27-28 квіт. 2021 р.: зб. тез / Видавництво «Лідер». – Харків, 2021. – С. 66-67.

*М.О. Перепелиця, аспірант, Т.В. Лабуткіна, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[m4kc.crow@gmail.com](mailto:m4kc.crow@gmail.com)*

## **КЛАСТЕРИ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ ЯК ПОСТАЧАЛЬНИКИ ПОСЛУГ ОРБІТАЛЬНОГО СЕРВІСУ СУПУТНИКОВІЙ МЕРЕЖІ ЗВ'ЯЗКУ: «ОПЦІЇ» ВІДНОВЛЕННЯ І ТИМЧАСОВОЇ «ЛАТКИ»**

Запропонована концепція використання кластерів космічних апаратів, які постачають послуги орбітального сервісу супутниковим мережам зв'язку. Серед множини функцій (опцій) кожного з цих кластерів комплексно розглянуті дві: 1) функція сервісних технічних операцій (ремонтів, дозаправлення, апгрейду або повної заміни) для космічних апаратів або груп зв'язаних між собою космічних апаратів, які під час виконання операцій з ними в мережі не використовуються; 2) повне або часткове виконання функцій вузлів супутникової мережі зв'язку, які на час сервісних операцій з ними відсутні у мережі (створення «латки» в мережі).

The concept of using clusters of spacecraft that provide orbital service services to satellite communication networks is proposed. Among the set of functions (options) of each of these clusters, two are comprehensively considered: 1) the function of service technical operations (repair, refueling, upgrade or complete replacement) for spacecraft or groups of interconnected spacecraft, which are not used in a network during operations with them; 2) full or partial performance of the functions of satellite communication network nodes that are not available in the network during service operations with them (creation of a "patch" in the network).

**Ключові слова:** супутникова мережа комутації пакетів, кластер космічних апаратів, послуги орбітального сервісу, технічні операції на орбіті, тимчасове заміщення функцій вузла супутникової мережі

**Key words:** a satellite packet switching network, a cluster of spacecraft, orbital service services, technical operations in orbit, temporary replacement of satellite network node functions

Серед базових визначальних трендів практичного застосування космосу людством назвемо три: 1) поява супутникових систем, побудованих на основі низки багатосупутникових орбітальних угруповань [1-3]; 2) забезпечення міжсупутникових комунікацій на основі створення супутникових мереж комутації пакетів (функція зв'язку з'являється в них або як головна цільова, або як базава допоміжна) [1-5]; 3) початок втілення у життя глобальної великої задачі орбітального сервісу (застосування якого стає необхідною умовою ефективною і безпечною експлуатації багатосупутникових систем, а також відкриває новітні можливості для розвитку космічних технологій і комічного виробництва) [6]. Застосування великих супутникових систем потребують таких видів орбітального сервісу, як ремонтування, апгрейд, дозаправлення, заміщення одного космічного апарату іншим із застосуванням послуг транспортування [6]. В перспективному варіанті виконавець (постачальник) конкретного завдання орбітальних сервісних послуг – невелике угруповання космічних апаратів (кластер космічних апаратів), між якими розподілені функції і (або) задачі. Орбітальні сервісні послуги на сучасному рівні передбачають автономність реалізації операцій кластером-постачальником, доповнену можливістю зовнішнього контролювання. Це потребує зв'язок з ним на рівні орбітального

угруповання глобальної космічної системи, для чого кластер-постачальник послуг має мати один або декілька космічних апаратів, які забезпечують зв'язок з ним на відносно віддалені відстані.

Космічний апарат супутникової системи зв'язку, який отримує сервісні послуги, на час сервісної операції відсутній у її супутниковій мережі зв'язку. До функцій («опцій») постачальника послуг може увійти тимчасове заміщення функцій зв'язку деяких вузлів супутникової мережі. Один або декілька космічних апаратів кластера-постачальника послуг з базовою функцією зв'язку мають увійти до супутникової мережі, замістивши один або декілька зв'язаних вузлів, «поставивши латку» на мережу. Функція «тимчасової» латки може бути і головною функцією кластеру при вирішенні задачі підвищення живучості супутникової мережі і надійного підтримання її стабільних експлуатаційних характеристик. При цьому опція заміщення вузлів мережі не повною мірою еквівалентна використанню резервних космічних апаратів системи вузлів мережі (хоч і таке можливо, наприклад при входженні деяких з них до кластеру-постачальника послуг з адаптивним до задачі складом). Космічні апарати, які утворюють «латку» у супутниковій мережі, можуть відрізнятися потужністю пристроїв зв'язку (тоді «латка» буде містити іншу кількість космічних вузлів, ніж кількість заміщених у мережі), може мати відмінні мережні протоколи (при забезпеченні можливості поєднання «латки» і мережі як двох мереж різних технологій). Такий підхід забезпечить більшу універсальність застосування постачальника сервісних послуг.

#### Список використаних джерел

1. Starlink // Інтернет ресурс. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Starlink>
2. Oneweb// Інтернет ресурс. Режим доступу: <https://en.wikipedia.org/wiki/OneWeb>
3. Лабуткіна Т.В., Перепелиця М.О. Концепція кластеру космічних апаратів з адаптивним до зміни задач орбітальним угрупованням як складова супутникової інтерсистеми. Trends in science and practice of today. Proceedings of the XXIX International Scientific and Practical Conference. Stockholm, Sweden. 2022. Pp. 11–14. DOI: 10.46299/ ISG.2022.1.29. URL: <https://isg-konf.com/trends-in-science-and-practice-oftoday>
4. Sun Zhili. Satellite networking: principles and protocols/ Zhili Sun// The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons Ltd., 2014. – 508 p.
5. Ильченко М. Е. Исследование подходов к построению орбитальной вычислительной сети спутниковой системы интернета вещей / М. Е. Ильченко, Т. Н. Нарытник, В. И. Присяжный, С. В. Капштык, С. А. Матвиенко // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – 2019. – 8(160). – С.138-151.
6. Васильев В.В. Орбітальний сервіс — крок до подальшого освоєння навколоземного космосу. / В.В. Васильев, Л.Я. Годунок, С.А. Матвієнко // *Космічна наука і технологія*. 2021. 27, № 3 (130). С. 39-50. <https://doi.org/10.15407/knit2021.03>

*Є.С. Петелько, аспірант, В.І. Ліповський, к.ф.-м.н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[jugendpetelko@gmail.com](mailto:jugendpetelko@gmail.com)*

## МОНІТОРИНГ СТАНУ В КОРПУСАХ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ П'ЄЗОЕЛЕКТРИКІВ

**Анотація:** у статті розглянуто використання п'єзоелектриків як елемента моніторингу стану конструкції на практиці.

**Ключові слова:** п'єзоелектрики, моніторинг стану конструкції.

**Abstract:** the article analyzes the possibility of using piezoelectric as an element of structural health monitoring system.

**Keywords:** piezoelectric, structural health monitoring.

Моніторинг стану конструкцій (МСК) — це система для визначення цілісності конструкції, що включає в себе використання мультидисциплінарних областей, включаючи датчики, матеріали, обробку сигналів, системну інтеграцію та інтерпретацію сигналів. Моніторинг стану здійснюється за допомогою стаціонарно встановлених або вбудованих перетворювачів та аналізу даних. Протягом останніх трьох десятиліть було розроблено низку методів МСК, що фіксують пошкодження та базуються на використанні різних сенсорних технологій таких як п'єзоелектричні перетворювачі, оптичні волокна, мікроелектромеханічні схеми, вихрострумові фольгові датчики, моніторинг вакууму, гібридні системи. В основу цих принципів закладено виявлення відхилень від «нормального» стану на ранній стадії та їх усунення, за рахунок проведення відповідних процедур технічного обслуговування. Сенсорні датчики можуть фіксувати різноманітні пошкодження в залежності від матеріалу конструкції, а саме: тріщини, корозію, руйнування волокна, розтріскування матриці, руйнування волокна, розшарування, мікрОВикривлення та інші механічні пошкодження

В даній роботі огляд сучасної літератури показав, що найкращими властивостями для створення системи моніторинг стану конструкцій є п'єзоелектричні матеріали. Це матеріали, що здатні перетворювати механічну енергію в електричну і навпаки. Типова система МСК на основі п'єзоелектричного перетворювача складається з сенсорної мережі, встановленої або вбудованої в головну структуру, портативного діагностичного обладнання та програмного забезпечення для аналізу даних. Вбудований набір датчиків у конструкції може надавати важливу інформацію щодо стану конструкції, її пошкоджень та умов експлуатації впродовж усього циклу життя конструкції. В свою чергу, поверхневі датчики, з п'єзоелектричних пластин, є дешевими, легкими, їх можна розташувати в різних конфігураціях і легко замінити, якщо необхідно. Для таких датчиків потрібна проста апаратура, оскільки вони працюють на прямому та зворотному п'єзоелектричному ефекті.

Моніторинг стану конструкцій є важливим елементом розумної інфраструктури в аерокосмічних конструкціях. Широке впровадження МСК могло б значно підвищити безпеку та зменшити витрати на технічне обслуговування та ремонт.

### Список використаних джерел

1. Structural Health Monitoring Damage Detection Systems for Aerospace / Markus G. R. Sause Elena / Switzerland, 2021. – page 3.
2. Piezoelectric Transducer-Based Structural Health Monitoring for Aircraft Applications / Xinlin Qing, Wenzhuo Li, Yishou Wang and Hu Sun. - Published: 28 January 2019. – page 1-3.
3. Piezoelectric Sensing Techniques in Structural Health Monitoring: A State-of-the-Art Review / Pengcheng Jiao, King-James I. Egbe, Yiwei Xie, Ali Matin Nazar and Amir H. Alavi - Published: 3 July 2020. – page 3-12.

*Р.С. Попов, аспірант, В.Ю. Шевцов, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[shmuklerr@gmail.com](mailto:shmuklerr@gmail.com)*

## **КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ АЕРОКОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

**Анотація:** Резервування та конструкторсько-технологічне забезпечення роботоздатності авіаційної та ракетно-космічної техніки в процесі експлуатації залишається надзвичайно актуальним на сьогоднішній день. На основі аналізу основних факторів впливаючих на роботоздатність запропонована технологія оцінки необхідного резерву конструкції, з подальшим конструкторсько технологічним поліпшенням їх якості.

**Ключові слова:** роботоздатність, експлуатація, надійність, динамічні навантаження.

**Abstract:** Redundancy and design-technological maintenance of the operational efficiency of aviation and rocket-space equipment in the process of operation remains extremely relevant today. Based on the analysis of the main factors influencing the workability, the proposed technology for assessing the necessary design reserve, with further design and technological improvement of their quality.

**Keywords:** working capacity, operational, reliability, dynamic loads.

Конструкторсько-технологічне забезпечення функціональності конструкцій аерокосмічної техніки було і залишається надзвичайно важливим питанням, особливо на етапах впровадження нових технічних рішень та при обґрунтуванні можливості збільшення терміну експлуатації. Якщо на першому етапі виявляються невраховані фактори впливу на надійність і працездатність в процесі проєктування і відпрацювання нового літального апарату, то на другому етапі з'являється можливість оцінити наслідки реальних процесів при тривалій дії внутрішніх і зовнішніх навантажень на конкретні деталі, вузли, конструкції.

Важкопрогнозованими при цьому є явища місцевої і загальної втомлюваності, резонансу і нестиковки гармонік на межах конструкції в площинах стиковки окремих деталей, зміни міцності в залежності від зміни топології конструкції і зміни фізико-механічних характеристик матеріалу конструкції. Значний вплив на працездатність мають також просторова неспіврозмірність елементів конструкцій, що породжує «різнобій» коливань і виникнення динамічних навантажень на стиках, а функціональну неспіврозмірність в часі.

Переховані вище фактори є вирішальними в прогнозуванні роботоздатність конкретних деталей і впливають як на терміни ремонтних робіт, так і на можливість продовження гарантованого часу роботоздатність літальних апаратів. Окрім того, важливим моментом продовження часу експлуатації є можливість відновлення параметрів функціональності конкретної конструкції, а при неможливості вчасної заміни із резерву піл час ремонтних робіт. Число деталей в місцях резервування має змінний характер в часі.

На першому етапі, етапі не стаціонарності, резервування має бути максимальним і відповідати розрахунковому значенню з корекцією за даними початкової експлуатації.



На другому – мінімальним, зважаючи на стабільний режим виробки польотного ресурсу, але з врахуванням результатів першого етапу.

На третьому, з врахуванням експериментів на надійність і працездатність та у відповідальності до часу подовження можливостей використання ЛА – збільшення резерву до максимально прогнозованого.

#### **Список використаних джерел:**

1. Нечипоренко, О. М. Основи надійності літальних апаратів [Електронний ресурс] : навчальний посібник / О. М. Нечипоренко ; НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані (1 файл: 3,31 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2010. – 239 с.
2. Safety Management Manual. Doc.9859 AN/474. 3rd Edition. – Montreal: ICAO, 2013;
3. Kesecioglu, Dimitri, (1991) "Reliability Engineering Handbook", Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

## СТАНЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ

**Анотація:** Для поповнення енергетичних і матеріальних ресурсів використовують вантажні рейси землі. При розширенні й розгалуженні рейсів функціонування космічної техніки в навколоземному просторі актуальність набувають навколоземні й космічні “заправки” та станції технічного обслуговування.

**Ключові слова:** космос, космічна техніка, станція обслуговування.

**Abstract:** ground cargo flights are used to replenish energy and material resources. With the expansion and branching of flights, the functioning of space technology in the space around the earth is relevant. Near-Earth space "gas stations" and maintenance stations are being acquired

**Keywords:** space, space equipment, service station.

Щорічно в наземному просторі закінчують функціонувати сотні космічних апаратів. Відпрацювавши термін активного існування в межах визначеного часу, вони поповнюють множину об'єктів "космічного сміття", хоча у своїй більшості їх вихід з функціонального стану обумовлюється незначними порушеннями в одній чи кількох системах життєзабезпечення КА. Повернення (відновлення) функціональності кожному з таких КА дозволило б суттєво змінити фінансові затрати пов'язані з вартістю виготовлення і запуску нового КА. Але для відновлення функціональності відпрацьованого КА необхідно запустити до нього окремих транспортний корабель з екіпажем чи роботом-маніпулятором на борту, при тому щоб вартість цього запуску була б меншою за затрати на виробництво і запуск нового КА.

Зовсім іншого змісту набуває поставлена задача при наявності на близьких орбітах кількох КА. В цьому випадку доцільним варіантом є розробка, запуск і функціонування на розрахунковий стосовно даного сімейства КА орбіті СТО (станції технічного обслуговування КА). Для переміщення КА, потребуючого ремонту чи заміни відпрацьованих модулів, для поповнення енергетичних запасів на активних КА, при потребі їх переобладнання можуть використовуватись два засоби. Згідно з першим необхідні імпульси маневрів стикування КА з СТО надаються за допомогою лазерів чи потоків часток речовини, за умови безпеки для КА, безпосереднього з СТО.

Більш прийнятним засобом має бути застосування спеціалізованих виключно розчинних блоків, що базуються і заправляються на СТО, стикуються до КА і разом з ним після маневрів стикування повертається на СТО. Аналогічні операції маневрування застосовуються і при поверненні відновленого КА на робочу орбіту. При облаштуванні подібної СТО необхідно мати на увазі, що всі операції по обслуговуванню КА мають бути авторизовані з причини неможливості перебування екіпажу на борту СТО із-за радіаційної небезпеки за виключенням косових орбіт на висотах (300-400) км над Землею.

### Список використаних джерел

1. Кеннет Гэтланд. Космическая техника. — Мир, 1986. — С. 295.
2. Беляков И. Т., Борисов Ю. Д. Технология в космосе. — Машиностроение, 1974.- С. 292.
3. International Space Station Facts and Figures. NASA.

*А.В. Сидорук, аспірант, С.О. Давидов, д. т. н., професор;  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[avsydoruk@gmail.com](mailto:avsydoruk@gmail.com)*

## **МЕТОД РОЗМІЩЕННЯ ВНУТРІШНЬОБАКОВОЇ АРМАТУРИ У БЕЗЛЕЙНЕРНОМУ КОМПОЗИЦІЙНОМУ ПАЛИВНОМУ БАКУ**

Анотація: в цій статті запропоновано нестандартний метод розміщення внутрішньобакової арматури у безлейнерному композиційному паливному баку.

Ключові слова: безлейнерний паливний бак, композиційні матеріали, внутрішньобакова арматура.

Abstract: in this article was presented an extraordinary way of inner linerless composite tank systems placement.

Keywords: linerless tank, composites, inner tank systems.

При проектуванні та створенні безлейнерного композиційного паливного бака основними вимогами є мінімальна маса та герметичність самого паливного баку. При цьому очевидно, що конструктивно найменша маса виходить при зменшенні розміру полюсного отвору.[1] При створенні паливного баку ефективнішою буде технологія безперервного поздовжньо-поперечного намотування на оправлення. [2], але з'являється питання розміщення внутрішньобакової арматури при достатньо малих розмірах полюсного отвору.

При розгляді варіанту рішення даного питання було розглянуто з відкритих джерел технології створення безлейнерних композиційних балонів високого тиску та їх особливості. Зацікавлення викликала технологія виготовлення компанії Infinite Composites, при якій намотування здійснювалося на оправлення виконане з паперу, яке в подальшому вимивалося. [3]

Метод, який пропонується передбачає розміщення необхідної арматури у баку заздалегідь, під час формування оправлення, безпосередньо всередині нього. При цьому кріплення арматури буде здійснюватися на ферменну конструкцію, яка у подальшому буде щільно прилягати (шляхом використання розпірних конструкцій) до стінки баку або кріпитися після видалення оправлення до металевієї кришки.

Перевагами такого методу є:

- 1) Можливість розміщення арматури у бакові без необхідності розрізання його для розміщення арматури;
- 2) Зменшення маси оболонки баку за рахунок відсутності модифікацій самої оболонки та малих розмірів полюсного отвору.

Недоліками методу є:

- 1) Необхідність додаткової конструкції для кріплення арматури у баку;
- 2) Жорсткі вимоги по чистоті арматури після вимивання оправлення;
- 3) Збільшення маси за рахунок додаткової конструкції.

### Список використаних джерел

1. Композиты в конструкции корпусов ракет-носителей. Системный анализ проблем и перспектив разработки и применения: монография / А. К. Линник, Р. Д. Красникова, В. И. Липовский, Е. Ю. Баранов, Днепро, ЛИРА, 2018, С.66-77
2. Красникова Р.Д., Линник А.К., Резвин М.П., Проектирование оболочечных конструкций из композиционных материалов, методическое пособие, Издательство ДНУ, 1993, С. 8-10
3. Vaidyanathan R., Luevano E., Villarreal M., Tate M., Dolan A., Manufacturing and testing of liner-less all-composite tanks for storage and transportation of natural gas, С. 19

*О.І. Трухіна, студентка, Т.В. Лабуткіна, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[alexandra16.tr@gmail.com](mailto:alexandra16.tr@gmail.com)*

### **ЗАСТОСУВАННЯ УГРУПОВАНЬ НА ЕЛІПТИЧНИХ ОРБИТАХ В СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМАХ: ПОТРІЙНИЙ ЕФЕКТ ПОБУДОВИ, «ДОДАТКОВЕ ПСЕВДО КОЛОВЕ УГРУПОВАННЯ»**

Як розвиток концепції побудови супутникової системи зв'язку на колових і еліптичних орбітах додатково до двох головних переваг такої системи (надійне транспортування інформації між коловими орбітальними угрупованнями та застосування додаткових можливостей «далеких» зв'язків в частині апогею) виділена ще одна: показана можливість побудови «псевдо колового угруповання», утвореного наближеними до перигею частинами еліптичної орбіти.

As a development of the concept of building a satellite communication system in circular and elliptical orbits, as addition to the two main advantages of such a system (reliable transportation of information between circular orbital groups and the use of additional possibilities of "long-distance" communications in the apogee), another one is highlighted: the possibility of building "pseudo-circular grouping" formed by parts of an elliptical orbit close to perigee.

**Ключові слова:** супутникова система зв'язку, орбітальне угруповання, колові орбіти, еліптичні орбіти, псевдо колове орбітальне угруповання

**Key words:** a satellite communication system, an orbital grouping, circular orbits, elliptical orbits, a pseudo circular orbital grouping

Сьогодні відзначено розвитком різноманітних концепцій супутникових систем зв'язку. Перспективний варіант недалекого майбутнього – супутникова система на колових і еліптичних різновисоких орбітальних угрупованнях [1-4]. Серед переваг подібних систем такі: надійне транспортування інформації еліптичними орбітами між коловими орбітальними угрупованнями та застосування додаткових можливостей «далеких» зв'язків в частині апогею еліптичних орбіт [2-5].

Дана робота присвячена розвитку концепції системи на колових і еліптичних орбітах. Зокрема – виділенню того аспекту, що при застосуванні угруповання на еліптичних орбітах однакової форми і нахилу, та з регулярним чергуванням значень «+90» і «-90» градусів для аргументу перигею (як описано в роботах [2-4]) частини орбіти, наближені до перигею, утворюють «псевдо колову» орбіту. Йдеться про те, що наявність чергування наближених до апогею частин еліптичних орбіт забезпечує охоплення («огортання») північної півкулі і південної півкулі Землі нібито при наявності колових орбіт, але із з деяким «зсувом і викривленням» половинок цих орбіт. Очевидно, що головна мета використання сегментів на еліптичних орбітах, – передати від низьких колових орбіт інформацію до частини еліптичної орбіти, наближеної до перигею, а далі – транспортувати її до високого колового сегменту, або передавати «довгими» зв'язками у області частини орбіти, наближеної до апогею. Але утворення «псевдо колового» угруповання, яке здійснено наближеними до перигею частинами еліптичних орбіт, дає можливість передавати інформацію в цьому «псевдо коловому» низько високому орбітальному угрупованні.

Розроблена імітаційна модель супутникової мережі комутації пакетів з різновисокими коловими і орбітальними угрупованнями, яка надає можливості

відслідковувати різноманітні процеси передачі навантаження в мережі. У тому числі – особливості передачі інформації в описаній «псевдо коловій» мережі.

### Список використаних джерел

1. Лабуткіна Т.В. Інтегрована супутникова система та інформаційна система в її основі: основні положення концептуального рішення // International scientific conference “Features of innovative development in the field of technology: the comparative experience of Ukraine and the European Union” : conference proceedings, August 5–6, 2022. Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2022. Pp. 28-32. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-230-2-7>
2. Лабуткіна Т.В., Перепелиця М.О. Концепція кластеру космічних апаратів з адаптивним до зміни задач орбітальним угрупованням як складової супутникової інтерсистеми. Trends in science and practice of today. Proceedings of the XXIX International Scientific and Practical Conference. Stockholm, Sweden. 2022. Pp. 11–14. DOI: 10.46299/ISG.2022.1.29. URL: <https://isg-konf.com/trends-in-science-and-practice-of-today>
3. Лабуткіна Т.В. Концепція використання еліптичних орбіт у супутникових системах зв’язку / Т.В. Лабуткіна, С.В. Курносова // Eurasian scientific discussions. Proceedings of the 1<sup>st</sup> International scientific and practical conference. Barca Academy Publishing. Barcelona, Spain. 2022. Pp. 227-234. URL: <https://sci-conf.com.ua/i-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-eurasian-scientific-discussions-13-15-fevralya-2022-goda-barselona-ispaniya-arhiv/>
4. Лабуткіна Т.В. Космічний апарат на еліптичній орбіті як агент розподіленого керування топологією і навантаженням супутникової мережі комутації пакетів / Т.В. Лабуткіна, Ю.І. Мороз, С.В. Курносова // Science, innovations and education: problem and prospects. Proceeding of the 12<sup>th</sup> International scientific and practical conference CPN Publishing Group. Tokyo, Japan 2022. Pp. 269-280. URL: <https://sci-conf.com.ua/xii-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-science-innovations-and-education-problems-and-prospects-28-30-iyunya-2022-goda-tokio-yaponiya-arhiv/>
5. Лабуткіна Т.В., Курносова С.В. Концепція міжсупутникових зв’язків космічного апарату на еліптичних орбітах / Т.В. Лабуткіна, С.В. Курносова // Innovations technologies in science and practice. Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference. Haifa, Israel. 2022. Pp. 521-530. Available at: DOI: 10.46299/ISG.2022.I.VI URL: <https://isg-konf.com/uk/innovations-technologies-in-science-and-practice-ua/>

# **ВИРОБНИЦТВО ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ: НОВІ РІШЕННЯ І ТЕХНОЛОГІЇ**

**Желтов Павло Миколайович**

начальник відділу наукових досліджень

**Бондаренко Олег Віталійович**

кандидат технічних наук, доцент

*І.Д. Адамідес, студент, М.С. Хорольський, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
[aidess190@gmail.com](mailto:aidess190@gmail.com)*

## **ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ КАРКАСА ГУМОМЕТАЛЕВОГО АМОРТИЗАТОРА ПРИ ЙОГО ВИГОТОВЛЕННІ**

Анотація:

Напружено-деформований стан (НДС) у будь-яких виробках – це сукупність внутрішніх напружень і деформацій конструкції або її елемента, що виникають при дії на неї зовнішніх навантажень, температурних полів чи інших факторів. НДС є невід’ємною частиною при виробництві гумометалевих виробів (ГМВ), якщо не вжити відповідних запобіжних заходів. Саме для досягнення найбільшої міцності зв’язку гуми з металом в гумометалевому амортизаторі будуть проведенні відповідні дослідження НДС в ГМВ на відповідних зразках.

Ключові слова: Напружено-деформований стан, гумометалеві вироби, міцність зв’язку гуми з металом,

The stress-strain state (STS) in any product is a set of internal stresses and deformations of a structure or its element that arise when it is subjected to external loads, temperature fields, or other factors. STS is an integral part of the production of rubber metal products (RMP) if appropriate precautions are not taken. . It is to achieve the greatest strength of the connection between rubber and metal in the rubber-metal shock absorber that appropriate STS research will be conducted in the RMP on relevant samples

Keywords: Stress-deformed state, rubber-metal products, strength of rubber-metal bond

Напружено-деформований стан (НДС) у будь-яких виробках – це сукупність внутрішніх напружень і деформацій конструкції або її елемента, що виникають при дії на неї зовнішніх навантажень, температурних полів чи інших факторів. НДС є невід’ємною частиною при виробництві гумометалевих виробів (ГМВ), якщо не вжити відповідних запобіжних заходів. Це зумовлено тим, що для досягнення достатньої міцності зв’язку гуми з металом, металеву арматуру піддають піскоструминній обробці електричним корундом зернистістю від 80 до 120 мкм. Тиск повітря при цьому досягає від 0,6 до 0,8 МПа. Після завершення піскоструминної обробки металева арматура в результаті поверхневого наклепу змінює свою форму та радіус кривизни. Під час формування і вулканізації амортизатора в прес-формі під тиском металева арматура змінить свою геометричну форму і прийме свій первинний стан, але після закінчення вулканізації і виїманні амортизатора із прес-форми арматура почне змінювати свою форму до стану після піскоструминної обробки, який тепер для нього є рівноважним. Але у цьому випадку виникне НДС в гумі, яка тепер уже при вулканізована до металевого каркасу, і при зміні металевим каркасом своїх розмірів на границі метал-гума виникають розтягувальні напруження, які в кінцевому випадку призводять до появи щілин і розшарування гуми. Дане дослідження направлене на встановлення закономірностей виникнення таких напружень і вжиття відповідних заходів їх унеможливлення в процесі виготовлення. В даній роботі показано спосіб підвищення якості гумометалевих виробів, зокрема гумометалевого амортизатора радіального стиснення методом моделювання напружено-деформованого стану на стандартизованих і натурних зразках, який широко



використовується при виробництві ГМВ, що призначені для комплектації об'єктів ракетно-космічної, авіаційної та військової техніки.

Саме для досягнення найбільшої міцності зв'язку гуми з металом в гумометалевому амортизаторі проведені відповідні дослідження НДС на відповідних зразках, результати яких будуть приведені у доповіді. Крім спеціальних дослідних зразків будуть використані стандартизовані зразки за міждержавним стандартом ГОСТ 209, технологія виготовлення яких буде аналогічною натурним виробам за доопрацьованою методикою.

Основна суть цього випробування полягає у тому, що стандартний зразок, який складається з двох однакових металевих дисків, до яких методом гарячої вулканізації кріплять гумовий шар відповідної товщини, вулканізують за відповідним режимом, в якому необхідно визначити міцність адгезивного зв'язку гуми з металом, виймають із прес-форми та піддають контрольованій деформації.

По закінченню випробувань можна зробити висновок, що при збільшенні деформації після піскоструминної обробки, зменшується міцність зв'язку гуми з металом через наявність НДС у готовому виробі. Підтверджено, що тонкостінна арматура в результаті наклепу на її поверхні деформується з випуклістю в напрямку зворотному напрямку дії струменя. Обрано метод зниження НДС в гумометалевому амортизаторі та прогнозування міцності гуми з металом при піскоструминній обробці, який забезпечує роботоздатність ГМВ в об'єктах РКТ.

#### Список використаних джерел

1. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Напружено-деформований стан](https://uk.wikipedia.org/wiki/Напружено-деформований_стан);
2. ГОСТ 209. Резина и клей. Методы определения прочности связи с металлом при отрыве. 1989.
3. А.С.№1341587 СССР, МКИ G01 N33/44. Способ определения прочности клеевого соединения резины с металлом / Хорольский М.С., Балашов А.П.; Опубл. 30.09.87. Бюл. №36.
4. Хорольський М.С., Санін А.Ф. Дослідження напружено-деформованого стану металевої арматури в гумотехнічних виробам при їх виготовленні. Вісник Дніпровського університету ДНУ ім. О. Гончара, 2019, № 4, т.27. Серія «ракетно-космічна техніка», Випуск 22.- С. 67-73.

Н.Д. Бережецький, студент, Н.Л. Просвірніна, викладач  
Машинобудівний фаховий коледж  
Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара  
[nikitaberezeckij00@gmail.com](mailto:nikitaberezeckij00@gmail.com)

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ДЕТАЛЕЙ ПЛАНЕТАРНИХ МЕХАНІЗМІВ

Анотація *Розглядаються питання забезпечення технологічності конструкцій деталей планетарних механізмів*

*Abstract Issues of ensuring the manufacturability of designs of planetary mechanism parts are considered*

Ключові слова: *планетарний механізм, технологічність конструкцій, фрезерування*

Key words: *planetary mechanism, manufacturability of structures, milling*

Планетарні механізми широко використовуються у різноманітних технічних системах. Їх перевага – компактність та значна величина передаточного відношення [1], що дуже суттєво для ракетно-космічної та авіаційної техніки.

З точки зору забезпечення технологічності найбільший інтерес становлять планетарні втулки, які мають дуже складну форму. Заготовки для втулок можуть бути виготовлені різними способами, наприклад, штампуванням і литтям. В конструкції заготовки вже можуть бути враховані особливості конструкції механізму та потреби забезпечення технологічності відповідно до програми випуску та типу виробництва [2].

Складність обробки за умов серійного і масового виробництва втулок становлять ребра жорсткості, які з'єднують два фланця. Багато обробляти їх за один прохід. Для цього доцільно передбачати заокруглення, як на самих ребрах, так і на фланцях. Це не повинно призвести до зниження міцності елементів втулки. З урахуванням того, що ребер жорсткості, як правило, три, то втулка може бути закріплена у патроні ділильної головки і оброблена на фрезерному верстаті за три проходи дисковою фрезою. Крім фрезерних верстатів можуть бути використані сучасні токарно-фрезерні обробні центри, які мають можливість повертати шпindel на заданий кут [3,4].

Таким чином, наведені заходи дозволять підвищити технологічність втулок планетарних передач, спростити їх обробку та підвищити продуктивність праці.

### Список використаних джерел

1. Мархель І. Деталі машин. Навчальний посібник. – Алерта, 2016, 368 с.
2. Боженко Л.І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Навчальний посібник. К.: Вища школа, 1990. 264 с.
3. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. К.: Вища школа, 1993, 414 с.
4. Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування. Навчальний посібник. – Львів, Магнолія, 2021., 500 с.
5. Кузін О.А., Яцюк Р.А. Металознавство та термічна обробка металів. Підручник– Львів: афіша, 2002, 304 с.

*І.В. Білоцерковський, аспірант, В.В. Хуторний, к.т.н., доцент;  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[ayke180698@gmail.com](mailto:ayke180698@gmail.com)*

## **АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ ТУРБІН ТНА РРД**

В останні роки стрімко зростає використання адитивних технологій в різноманітних галузях, з-поміж яких і виробництво авіаційної та ракетно-космічної техніки. Одним із найважливіших критеріїв під час проектування ракетної техніки є масова досконалість, тому деталі та агрегати, з яких складається ракета та її вузли, мають подекуди специфічну та складну форму. Для виготовлення подібних деталей та збирання їх у агрегати залучаються складні технології. При цьому до виробів існують високі вимоги з міцності, стійкості, герметичності та працездатності в умовах високих та криогенних температур, агресивного середовища, вібрацій, тощо.

Розглянуто технологію виготовлення статора турбіни турбонасосного агрегату (ТНА) рідинного ракетного двигуна (РРД). У процесі роботи РРД статор турбіни піддається навантаженню високим тиском за умов високої температури (до 1200К), великих температурних градієнтів (від температури генераторного газу до криогенної температури компонента палива). Статор має бути достатньо міцним та стійким для забезпечення надійної роботи двигуна. Його номінальні розміри не можуть виходити за рамки припустимих. Подібні умови та вимоги, враховуючи критерій масової досконалості, ускладнюють форму статора. Це призводить до неможливості його виготовлення цільною деталлю у разі використання методів лиття, штампування, зварювання.

Тому було проаналізовано доцільність, визначено переваги та недоліки використання адитивних технологій при виготовленні статора турбіни ТНА РРД. Розглянуто особливості процесу проектування вузла, виготовленого подібним методом.

Враховуючи розвиток адитивних технологій, їх поточне використання в ракетній техніці та зростання вимог до цієї техніки, особливо критерію вартості, можна стверджувати, що тема перспективна та має простір для дослідження.

## ОБРОБКА РІЗАННЯМ ЗАГОТОВОК З ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СТАЛЕЙ

Анотація *Розглядаються способи обробки заготовок з інструментальних сталей*

*Abstract Methods of processing workpieces from tool steels are considered*

Ключові слова: *інструментальні сталі, лезова обробка, абразивна обробка*

Key words: *tool steel, blade processing, abrasive treatment*

Однією з тенденцій сучасного машинобудування є використання інструментальних матеріалів в якості конструкційних через їх високу твердість та зносостійкість. Але ці ж характеристики суттєво ускладнюють їх оброблюваність. Здебільшого з інструментальних матеріалів виготовляють стакани та вкладиші для підшипникових вузлів кочення та ковзання.

Серед інструментальних матеріалів, які використовуються як конструкційні, найбільш широко застосовуються вуглецеві, леговані та швидкорізальні сталі. Вуглецеві та леговані інструментальні сталі можуть бути оброблені звичайним твердосплавним інструментом, хоча із деяким зменшенням швидкості різання (на 30...35%). Остаточну обробку можливо здійснити кругами та стрічками з карбіду кремнію та оксиду алюмінію. Для лезової обробки швидкорізальних сталей необхідно використовувати твердосплавний інструмент (бажано з покриттям) та інструмент, оснащений пластинами з полікристалічних надтвердих матеріалів (ПНТМ). Абразивну обробку доцільно здійснювати кругами з карбіду кремнію, кубічного нітриду бора, (кіборит, кубоніт, ельбор), алмазу [1].

Суттєвим ресурсом покращення чергової та чистої обробки заготовок з інструментальних сталей є раціональна послідовність механічної та термічної обробки. Лезову обробку доцільно здійснювати після відпалу заготовок, який забезпечує зменшення твердості і відповідне збільшення швидкості різання і продуктивності обробки в цілому [2]. Необхідний рівень фізико-механічних властивостей забезпечується загартуванням з наступним відпусканням. Крім термічної обробки може бути здійснене поверхнєве зміцнення різними способами [3]. Остаточні розміри деталей та в разі необхідності певний мікрорельєф їх робочих поверхонь забезпечується абразивною обробкою або лезовою обробкою інструментом з ПНТМ.

Так послідовність обробки забезпечує необхідні фізико-механічні властивості деталей з інструментальних сталей, точність форми та розмірів і якість робочих поверхонь.

### Список використаних джерел

1. Надтверді абразивні матеріали в механообробці: енциклопедичний довідник/ В.І. Лавриненко, М.В. Новіков; за заг. ред. М.В. Новікова. – К.: ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України, 2013. – 456 с.
2. Кузін О.А., Яцюк Р.А. Металознавство та термічна обробка металів. Підручник– Львів: афіша, 2002, 304 с.
3. В.С. Черненко, М.В. Кіндрачук, О.І. Дудка Променеві методи обробки: Навч. посібник. – К.,: Кондор, 2004. – 166 с.

*Д.С. Герасимов, студент, О.В. Бондаренко, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[gds2506@outlook.com](mailto:gds2506@outlook.com)*

## **ВИГОТОВЛЕННЯ ПРИСДНУВАЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ СИЛЬФОННИХ КОМПЕНСАТОРІВ З АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ**

*Анотація Розглядаються питання виготовлення приєднувальних деталей  
сильфонних компенсаторів з алюмінієвих сплавів*

*Abstract Issues of manufacturing connecting parts of bellows compensators from  
aluminum alloys are considered*

*Ключові слова: сильфонні компенсатори, алюмінієві сплави, трубопроводні  
магістралі, ракета-носій*

*Key words: bellows compensators, aluminum alloys, pipelines, rocket launches.*

Сучасні високоміцні зварювані алюмінієві сплави, наприклад системи Al-Mg-Sc, можуть бути використані як основний конструкційний матеріал трубопроводів пневмогідравлічної системи ракет-носіїв. Зміна основного конструкційного матеріалу з нержавіючої сталі на алюмінієвий сплав призведе до необхідності збільшення кількості сильфонних компенсаторів з урахуванням того, що модуль пружності алюмінію та алюмінієвих сплавів приблизно втричі менший, ніж в сталей [1].

Гнучкі рукави сильфонних компенсаторів повинні бути виготовлені зі сталі, а приєднувальні деталі – з алюмінієвих сплавів. З'єднання гнучких рукавів з приєднувальними деталями доцільно здійснювати за допомогою перехідників. Сталеві деталі перехідників доцільно кріпити до приєднувальних деталей за допомогою зварювання у твердому стані (вибухом, тертям, дифузійне) [2].

В умовах відсутності в Україні великотонажного виробництва деформівних алюмінієвих сплавів машинобудівні підприємства можуть власними силами виплавити сплав, а потім обробити його тиском (кування, штампування, пресування, ротаційне розкатування) [3,4]. Найбільш ймовірним є використання лиття в кокіль, найкращим способом, який здатний забезпечити високі фізико-механічні характеристики є лиття у водоохолоджуваній кристалізатор. Найбільш ймовірним способом обробки тиском є вільне кування. Може бути застосоване і гаряче пряме або зворотне пресування. В цьому разі є можливість отримати відливок з центральним отвором, що сприяє зменшенню товщини стінок та утворенню більш дрібнозернистої структури. Доцільність поєднання і послідовність кування і пресування визначається хімічним складом сплаву, способом лиття та технічними вимогами до деталей. Механічна обробка приєднувальних деталей може бути здійснена на токарних та свердлильних верстатах або токарних обробних центрах. Особливості обробки наведені у довідковій літературі [5,6].

Таким чином, машинобудівні підприємства мають можливість забезпечити виготовлення приєднувальних деталей для сильфонних компенсаторів з використанням наявного на них обладнання.

### Список використаних джерел

1. Технологія виробництва ракетно-космічних літальних апаратів: Навч. посібник/ Ю.С. Алексеев, О.С. Джур, О.В. Кулик, Л.Д. Кучма, Є.Ю. Ніколенко, В.В. Хуторний / Під. ред. д-ра техн. наук Є.О. Джура. – Д.: АРТ\_ПРЕС, 2007. – 480 с.
2. Демченко Ю.К., Бондаренко О.В. Предварительное определение геометрических размеров сильфонов из алюминиевых сплавов / Системне проектування та аналіз характеристик аерокосмічної техніки: Зб. наук. праць/ наук. ред. д-р техн. наук. С.О. Давидов – Том XXI. –Д.: Ліра, – 2016. – С. 3 – 8.
3. Данченко В.Н., Миленин А.А., Головка А.Н. Производство профилей из алюминиевых сплавов. Теория и технология. – Днепропетровск: «Системные технологии», 2002. – 448 с.
4. А.В. Ашкелянець Дослідження формозміни та напруженого стану при вільному куванні заготовок із алюмінієвого сплаву з питомою міцністю більше  $120 \text{ м}^2/\text{с}^2$  /А .В. Ашкелянець,Д.В. Коногонов,В.В. Андреев, О.В. Бондаренко/ Вісник НТУ «ХП». Серія: інноваційні технології та обладнання матеріалів у машинобудуванні та металургії, № 41 (1317), 2018.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А.Г. Косилвой и Р.К. Мещерякова. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. 496 с.
6. Герасимов Д.С. Обработка заготовок з алюмінієвих сплавів /Герасимов Д.С., Бондаренко О.В./ XXIV Міжнародна науково-практична конференція “Людина і Космос”. Збірник тез. Дніпропетровськ, НЦАОМУ, 2022 р. С. 118

*С.І. Гурін, студент<sup>3</sup>, В.В.Левенець<sup>1</sup> д.ф.м.н., нач.від., І.В.Гурін<sup>1</sup>, к.т.н., зав.від.,  
О.М. Потапов ктн, нач. компл.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Національний науковий центр Харківський фізико-технічний інститут (ННЦ ХФТІ)  
<sup>2</sup>ДП «КБ «Південне».

<sup>3</sup> Національний аерокосмічний університет ім. М.Є Жуковського «ХАІ»  
[levenets@kipt.kharov.ua](mailto:levenets@kipt.kharov.ua)

## **СИСТЕМАТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕФОРМ ВУГЛЕЦЕВИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ КОМП'ЮТЕРНОЮ ТОМОГРАФІЄЮ В ННЦ ХФТІ.**

Процеси виготовлення сучасних композиційних матеріалів є складними, дорогими та тривалими. На різних технологічних етапах виробництва виникають питання щодо якості із використанням неруйнівних методів контролю. Наряду із традиційними методами, такими як магнітний контроль, ультразвукова дефектоскопія, капілярна дефектоскопія, рентгенівській контроль тощо, все більшу роль відіграє метод рентгенівської комп'ютерної томографії (КТ). На відміну від інших методів, КТ дозволяє формувати зображення, яке приближене до реальної картини структури матеріалу та легко сприймається оператором, дозволяє проводити пошаровий контроль якості матеріалу.

Для збудження корисного випромінювання використовуються як різні пучки первинного випромінювання (електромагнітне випромінювання, пучки прискорених іонів та інше), так і різні схеми дослідження та контролю. Але найбільш використаним є ресстрація рентгенівського випромінювання збудженого первинним рентгенівським випромінюванням від рентгенівської трубки. Ця технологія контролю дала назву КТ і має найбільш широке використання в практиці.

Одночасно із уявною простотою на ефективність КТ виникають ряд питань щодо достовірності сформованого зображення, утворення артефактів та спотворень зображень. Для визначення таких моментів необхідно створення певної кількості зображень зразків із еталонними структурами та дефектами, обробка таких зображень із використанням різних графічних фільтрів та алгоритмів, навчання операторів.

ННЦ ХФТІ за останні роки виконує досить багато роботи по створенню різних виробів з вуглецевих композиційних матеріалів різного призначення. На цій тематиці були досліджені і розвинуті нові неруйнівні методи контролю якості створених композитів. При проведенні досліджень використовувалися спіральні томографи фірми Siemens.

В доповіді висвітлюється моменти використання КТ для дослідження і контролю композиційних матеріалів різної природи та структури на різних етапах виробництва, показана можливість візуалізації дефектів у вигляді пор, порожнин, тріщин, розшарувань, металевих включень тощо. Проведена оцінка можливості розробленого методу для візуалізації кожного типу дефектів та визначенням мінімальних розмірів дефектів, придатних для детектування.

*О.О. Добродомов, аспірант, О.В. Кулик, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[aleksandr Dobrodomov@gmail.com](mailto:aleksandr Dobrodomov@gmail.com)*

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ НЕОХОЛОДЖУВАНИХ НЕМЕТАЛЕВИХ КАМЕР ЗГОРЯННЯ РІДИННОПАЛИВНИХ РАКЕТНИХ ДВИГУНІВ**

Доповідь присвячена перспективам використання неохолоджуваних неметалевих камер згоряння рідиннопаливних ракетних двигунів для ракет носіїв надлегкого класу. Автор обговорює переваги використання таких камер згоряння, включаючи зменшення ваги, покращення термічної ефективності, покращення технологічності, та як наслідок кінцевої вартості, а також виклики, пов'язані з розробкою та виготовленням таких камер згоряння.

Ключові слова: неметалева камера згоряння, неохолоджувана камера згоряння, рідиннопаливний ракетний двигун, ракета надлегкого класу.

The report is dedicated to the prospects of developing uncooled non-metal combustion chambers for medium-firing rocket engines for super-light rockets. The author discusses the problems of developing such combustion chambers, including changes in the weight decrease and the increase in thermal efficiency, as well as the issues associated with the development and manufacturing of such combustion chambers.

Key words: non-metallic combustion chamber, uncooled combustion chamber, liquid-fuel rocket engine, ultralight class rocket.

Насамперед, використання неохолоджуваних неметалевих камер згоряння рідиннопаливних ракетних двигунів може допомогти покращити наступні параметри: зменшення ваги, покращення термічної ефективності, покращення технологічності, та як наслідок кінцевої вартості. Однак, розробка таких камер згоряння пов'язана з викликами, такими як нестабільність при високих температурах, високе термічне розширення матеріалів та складність виробництва та монтажу.

Для вирішення цих викликів необхідно розробити нові матеріали та конструкції камер згоряння. Наприклад, використання карбіду кремнію в якості матеріалу для камери згоряння може знизити термічне розширення та підвищити термічну стійкість. Окрім того, можливе використання нових методів виробництва, таких як 3D-друк, для створення більш складних геометрій камер згоряння, що може поліпшити термічну ефективність та зменшити вагу.

Таким чином, перспективи використання неохолоджуваних неметалевих камер згоряння рідиннопаливних ракетних двигунів для легких носіїв є обіцяними, але вимагають додаткових досліджень та розробок.

### **Список використаних джерел:**

1. "Development of Ceramic Combustion Chambers for a Liquid Rocket Engine" - H.-Y. Kim, S.-Y. Han, J.-H. Kim, S.-J. Park, K.-W. Kim, Journal of Aerospace Technology and Management, Vol. 10, No. 2, 2018.
2. "Design and Fabrication of Carbon-Carbon Composite Nozzle and Chamber for LOX/Methane Rocket Engines" - T. Muto, T. Sugino, K. Endo, M. Nakao, Y. Kobayashi, Journal of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Vol. 62, No. 728, 2014.
3. "Application of CMC Materials to Rocket Engines: The Way to Innovative Propulsion Systems" - P. Donà, A. Zuppari, G. Maggiore, A. Natali, C. Francesconi, Proceedings of the 65th International Astronautical Congress, 2014.



*М.М. Єрмоєнко, студент, І.К. Куц, викладач  
Фаховий коледж ракетно-космічного машинобудування  
Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара  
[cimon56789@gmail.com](mailto:cimon56789@gmail.com)*

## **ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ» В УМОВАХ СЕРІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА**

Анотація: Нові методи виготовлення «вал-шестірни».

Abstract: New methods for manufacturing gear shafts.

Ключові слова: Шестерні, вали, порошок, економічно, сплави.

Keywords: Gears, shafts, powder, economically, alloys.

Деталі типу «вал-шестерня» використовуються у значній кількості технічних систем від ракетно-космічної техніки та різного призначення. Для технологічних процесів виготовлення деталей типу «вал-шестерня» використовувалася комплексна деталь, яка має зовнішні та внутрішні циліндричні, конічні та плоскі поверхні, шпонкові пази, внутрішні та зовнішні шліци та зуб'я.

З'явилася економічно вигідна заміна механічної обробки деталей при масовому виробництві – це порошкова металургія. Технологія дозволяє одержати високоточні вироби. Також застосовується для досягнення особливих властивостей або заданих характеристик, які неможливо отримати будь-яким іншим способом. Технологічний процес порошкової металургії складається з чотирьох основних етапів: виробництво порошків, змішування порошків, ущільнення та спікання.

Значення порошкової металургії в першу чергу полягає в тому, що з'явилася можливість отримувати нові технологічні матеріали, що відрізняються від більш високими властивостями. Процеси порошкової металургії дозволяють виготовляти сплави, що відрізняються високою твердістю, жароміцністю, тугоплавкістю, зносостійкістю, корозійною стійкістю. Їхнє застосування — основа подальшого розвитку атомної енергетики, ракетної техніки, авіабудування та інших галузей.

Порошкова металургія у ряді випадків економічно вигідніша, ніж інші способи виробництва, особливо для масового виготовлення невеликих деталей у машинобудуванні. При цьому виключається процес подальшого оброблення деталей, з'являється можливість використання відходів (окалини, стружки) для отримання металевих порошків. Також після воєнних дій, зруйновану техніку можна переплавляти та гранулювати в порошок.

Порошкова металургія дозволяє збільшувати термін служби деталей та виробів. Застосування технології металізації та газополум'яних покриттів збільшує довговічність машин та механізмів, арматури для залізобетонних конструкцій та ін. Цей процес може відновлювати зношені деталі (циліндри двигунів, шестерні, вали).

### **Список використаних джерел:**

1. Корсаков В.С. Основи технології машинобудування, 2001.
2. Технології машинобудування: А. Ф. Горбачевича, 1983.
3. Лібенсон Г.А. Основи порошкової металургії. Металургія; М.

*Жарський М.М, студент, Вамболь О.О, к.т.н., доцент  
Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського "ХАІ"  
[michaelzharkyi@email.com](mailto:michaelzharkyi@email.com)*

## **РОЗРОБКА ФОРМИ ОПРАВКИ, ЯКА ЗАБЕЗПЕЧУЄ РІВНОМІРНИЙ ТИСК ПРИ ФОРМУВАННІ**

Нині існує проблема при формуванні конструкцій із композитних матеріалів – дефекти по кутах. При формуванні конструкції з використанням порожніх оправок тиск всередині трубки виникає частково термічним розширенням резини і частково автоклавом. За рахунок виведення торців оправок з вакуумного мішка та з'єднання внутрішнього об'єму оправки з оточуючим повітрям в автоклаві. У цьому випадку виникає проблема нерівномірного тиску, який створюється оправкою на внутрішній поверхні оправки, який викликає нерівномірне протискання слоїв пластику в стінках заповнювача.

Задачею було знайти оптимальне рішення, що забезпечить найбільш рівномірне притискання наповнювача для досягнення рівномірного розподілення напруги на поверхні оправки.

Було побудовано модель розподілу зовнішнього тиску на формуємий виріб з використанням резинової оправки. Прийнято рішення досліджувати формування заповнювача за допомогою тиску в каналах, зроблених в оправках (перевагою методу є можливість вилучення оправок після формування). Досліджено варіанти квадратних оправок з різними перерізами каналів. Підібрано оптимальний канал для середнього перерізу тримера, який забезпечить рівномірне розподілення напруги на зовнішній поверхні.

Дослідження різних типів оправок показали, що найбільш рівномірно напруга розподілена для квадратних оправок з каналом циліндричної форми, відхилення від вимаганого значення сягає 1%. Для трапецієподібних оправок, найбільш рівномірний розподіл напруги по поверхні виникає у разі наявності каналу з овальним поперечним перерізом.

Отже, проведені випробування та отримані результати дозволять оптимізувати технологічний процес виготовлення керуючих поверхонь із композитних матеріалів, допоможуть уникати дефектів в формуємих виробах.

### **Список використаних джерел:**

1. Гайдачук В.Е., Карпов Я.С. Проектирование и конструкция летательных аппаратов из композиционных материалов. Учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию, Харьков, 1987г.
2. Кириченко В.В. Расчет на прочность элементов конструкций из композиционных материалов. Учебное пособие по курсовому проектированию, Харьков, 1996г.
3. Карпов Я.С. Механика композиционных материалов. Учебное пособие, Харьков, 2001г.

*О.Д. Косило, учень, О.І. Косило, керівник гуртка-методист,  
П.Ф. Пиєнічка, учитель фізики та астрономії вищої кваліфікаційної категорії  
Чернівецький центр юних техніків ім. Л.К. Каденюка;  
Чернівецький міський ліцей № 1 математичного та економічного профілю  
[olyakosilo1980@gmail.com](mailto:olyakosilo1980@gmail.com)*

## **РОЗРОБКА ТА ВИГОТОВЛЕННЯ ВІЗУАЛЬНО ТА ТЕХНІЧНО МОДИФІКОВАНОГО БПЛА**

Сьогодні спостерігається значне зростання застосування БПЛА у військових цілях. Тому активізувалась робота з їх удосконалення, і розробки нових, більш оптимальних для використання ЗСУ. Безпілотні системи вже, безумовно, довели свою ефективність у сфері бойового використання, але разом з цим військовими експертами наголошується, що темп впровадження БПЛА залишається недостатнім. В першу чергу це пов'язано з наявною кількістю БПЛА на озброєнні військових підрозділів.

Ми отримали від військових малюнок – замовлення (рис 1) з проханням створити гібрид літаючого крила, але з хвостовим оперінням. Це потрібно: по-перше для покращення стійкості польоту (літаюче крило при всіх його перевагах не стабільне). А наявність хвостового відділу покращує стійкість і ширяння за рахунок збільшення площі поверхні, при цьому практично не збільшується вага моделі. По-друге нестандартна зовнішність дозволить забезпечити безпеку БПЛА при роботі над українськими військовими позиціями.

Перевага «літаючих крил» - відсутність фюзеляжу і великих площин управління, що дозволяє більш рівномірно розподілити вагу по площі, забезпечити необхідну жорсткість крила при відносно меншій масі. «Літаюче крило» має дуже вигідне співвідношення повної маси до маси порожнього літака, що знижує питому масу планера і дає можливість суттєво збільшити масу корисного навантаження. За цими показниками літаки типу «літаюче крило» перевершують літаки, виконані за класичною схемою. Для військового застосування дуже важливо, що форми такого літака дуже легко оптимізувати для зниження ефективної площі розсіювання і радіолокаційної помітності літака.

Мета нашої роботи створити модифіковане БПЛА з якостями, які притаманні літаючому крилу, але в той же час наша модель матиме ті характеристики яких не вистачає існуючим літаючим крилам.

Завдання роботи: згідно замовлення, потрібно створити ударний гібрид, носій трьох снарядів, з мінімально можливою вагою планера, що дозволить збільшити корисне навантаження.

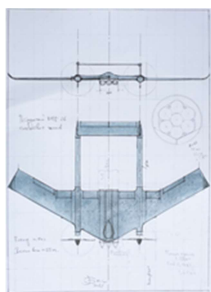


рис.1



рис.2



рис.3

Робота складалась з теоретичного етапу, під час якого я дослідив види і особливості різних безпілотних авіаційних комплексів. Їх переваги і недоліки. Та практичного етапу - розробки та виготовлення моделі-гібрида. Розроблена нами модель, в майбутньому, після випробувань в польоті, буде використана для створення матриці для формування за вакуумною технологією - це дозволить швидко виготовити велику кількість корпусів планера БПЛА. Після зняття форми модель буде передана військовим і використана ЗСУ за призначенням.

Результатом даної розробки виготовлення корпусу-майстер моделі планера БПЛА (рис.2,3) та технологія швидкого виготовлення легкого корпусу гібридного БПЛА у формі. Отже, в результаті роботи було створено експериментальний модифікований БПЛА з такими технічними характеристиками отриманого планера – майстер моделі: розмах крила – 3 м; площа крила – 142 дм<sup>2</sup>; питома навантаження – 2,0; вага планера без спорядження – 2950 г.; Переваги даного БПЛА: мала маса, нестандартна форма, і покращена якість шириння.

### Список використаних джерел:

1. Системи озброєння і військова техніка, 2007, випуск 1(9) О.І. Тимочко, Д.Ю. Голубничий, В.Ф. Третяк, І.В. Рубан Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/878899d8-b7a7-4481-af22-9835c0748ba0/content>

1. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека № 2 (12) 2021 КЛАСИФІКАЦІЯ, ФУНКЦІЇ ТА ЗАВДАННЯ БЕЗПЛОТНОЇ АВІАЦІЇ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ <https://doi.org/10.33269/nvz.2021.2.54-68> file:///C:/Users/%D0%9E%D0%BB%D1%8C%D0%B3%D0%B0/Downloads/116%D0%A2%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%82%D1%96-857-1-10-20211230%20(1).pdf

3. БПЛА <https://www.peoplesproject.com/sho-take-bpla/>

*Лазарева О.О., ст. викладач, Сахнюк Н.В., к.т.н., доцент  
Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя  
[lazarevaolha@gmail.com](mailto:lazarevaolha@gmail.com)*

## **КОНТРОЛЬ СКЛАДНОПРОФІЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ ГТД**

Виконано порівняння методів контролю точності складнопрофільних поверхонь деталей ГТД. Показані можливості практичного рішення технологічних задач при оцінці точності вимірювань пера лопаток і моноколес ГТД з використанням сучасного обладнання. Надані рекомендації для удосконалення цих методів контролю з використанням вимірювальних датчиків.

A comparison of the methods of controlling the accuracy of exceptionally complex-surface of parts of the GTE was carried out. Attention is paid to the possibilities of practical solution of technological problems in assessing the accuracy of measurements blade airfoil and bladed integrated disks (BLISK) using modern equipment. Recommendations are provided for improving these control methods using measurement sensors.

Ключові слова: газотурбінний двигун, лопатка, моноколесо, профіль пера лопатки, складнопрофільна поверхня, вимірювальний датчик.

Key words: gas turbine engine, blade, bladed integrated disks (BLISK), blade airfoil, exceptionally complex-surface, measurement sensor.

Основними особливостями деталей, що застосовуються у авіадвигунобудуванні є складна вихідна геометрія, високі вимоги до точності і шорсткості оброблених поверхонь [1,2].

Широке застосування в компресорах ГТД отримали вісьові та відцентрові моноколеса. Однією з найбільш складних і відповідальних операцій в процесі виробництва як моноколес, так і окремих лопаток є високошвидкісне фрезерування профілю пера лопаток, прикореневої ділянки та міжлопаткового простору та їх контроль [2,3].

Запропонований метод контролю поверхонь лопаток і моноколес компресорів дозволяє, при необхідності, корегувати їх форму, не порушуючи динамічної міцності.

При оцінці точності виготовлення і вимірювання лопаток і моноколес ГТД на основі проведених досліджень і отриманих результатів запропоновано удосконалення методики контролю точності складнопрофільних поверхонь деталей ГТД, з використанням вимірювальних датчиків «Renishaw» [2].

### **Список використаних джерел**

1. Технологическое обеспечение эксплуатационных характеристик деталей ГТД. Лопатки компрессора и вентилятора [Текст]: монография / В.А. Богуслаев, П.Д. Жеманюк, А.Я. Качан и др. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Запорожье: АО «Мотор Сич», 2017. – Часть I. – 500 с.
2. Сахнюк Н.В. Технологічне забезпечення якості лопаток компресорів в дослідному виробництві [Текст]: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.02.08 / Сахнюк Наталія Василівна. – Харків, 2008. – 21 с.
3. Жеманюк П.Д. Формообразование сложнопольных поверхностей моноколес высокоскоростным фрезерованием [Текст] / П.Д. Жеманюк, В.Ф. Мозговой, А.Я. Качан // Газотурбинные технологии. – 2003. – № 5 (26) – С. 18 – .

Ю.С. Мигович, студент, І.І. Карпович, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[efim.migovich@gmail.com](mailto:efim.migovich@gmail.com)

## РАЦІОНАЛЬНІ КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ

Анотація

У роботі наведено конструкцію малої печі для полімеризації полімерних композитних матеріалів та визначено розподілення термічних полів.

Ключові слова: піч полімеризації, полімерні композитні матеріали, ТЕН.

Abstract

*The work presents the design of a small oven for polymerizing polymer composite materials, and determines the distribution of thermal fields.*

*Keywords: polymerization oven, polymer composite materials, heating element.*

Перешкодою для відпрацювання технологічних циклів полімеризації виробів з ПКМ є стабілізаційний графік відключень електроенергії.

Розроблено конструкцію малої печі, яка дозволить виконувати «гарячу» полімеризацію невеликих виробів. Корпус виготовлено з тонколистової нержавіючої сталі, внутрішній простір між стінками корпусу заповнено теплоізоляційним матеріалом. Всередині камери печі розташовано чотири стержневих ТЕНи сумарною потужністю 1 кВт. Через технологічний отвір у задній стінці здійснюється підведення шлангу вакууматора. Піч має пульт автоматичного управління, що дозволяє керувати термічними режимами полімеризації. Простір камери печі має розміри: 280 x 220 x 195 мм.

За допомогою програмного пакету SolidWorks проведено термічні розрахунки та визначено розподілення полів температур в об'ємі печі. Визначено функціональні залежності температури від потужності нагрівачів та часу для рівномірного прогріву печі та виробу.

### Список використаних джерел

1. Baird, D. G., & Collias, D. I. (2019). Polymer processing: Principles and design. Chapman and Hall/CRC.
2. Li, X., Wu, G., & Xu, B. (2018). Numerical simulation and experimental verification of a small polymerization oven. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 363(1), 012020.
3. Жуковський, В. М., & Коломієць, І. С. (2015). Розробка і виготовлення прототипу печі для полімеризації композиційних матеріалів. Наукові праці ДонНТУ, серія "Машинобудування", 2(28), 91-99.

*А.А. Назаренко, студент, Г.В. Прокуда, заступник директора  
Машинобудівний фаховий коледж  
Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара  
[denderyi1@gmail.com](mailto:denderyi1@gmail.com)*

## **ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «ВАЛ» ДЛЯ ВИСОКОНАВАНТАЖЕНИХ МАШИН**

Анотація *Розглядаються особливості виготовлення деталей типу вал для високонавантажених машин*

Abstract *The peculiarities of the production of shaft-type parts for high-load are considered*

Ключові слова: *вал, загартування струмом високої частоти, шліфування*  
Key words *shaft, hardening with high frequency current, grinding*

Під «високонавантаженими машинами» маються на увазі такі, що в ході виконання свої функції зазнають значних динамічних та ударних навантажень. Основні навантаження, яких зазнають деталі типу «вал», це згинання і кручення. Характер навантаження залежить від умов експлуатації тієї технічної системи, до складу якої входить вал. У відповідності з навантаженням обираються ті чи інші способи виготовлення заготовок, механічної та термічної обробки [1].

Технологічний маршрут механічної обробки ступінчастих валів складається з чорнової та чистової токарної обробки шийок, обробки шпонкових пазів, шліців і різьб, чорнового та чистового шліфування [2,3]. Термічна обробка виконується після чистової механічної та може здійснюватися різними способами. Найбільш часто застосовується об'ємне загартування з наступним відпусканням. Але в деяких випадках доцільно збільшити твердість і міцність лише приповерхневих шарів деталі. В цьому разі слід застосувати поверхневе загартування, наприклад, струмом високої частоти або лазерним променем. Такі способи термічної обробки дозволяє локально зміцнити тільки необхідні частини деталі. після загартування струмом високої частоти використовується відпускання за температури від 160 °С до 200 °С. Технічний результат загартування струмом високої частоти полягає у збільшенні твердості (до HRC 56...58 у порівнянні з HRC 54...54 після об'ємного загартування) та підвищенні втомної міцності, що є вкрай важливим для деталей високонавантажених машин [4].

В ході остаточної обробки шліфуванням необхідно призначати режими різання таким чином, щоб уникнути відпускання загартованих поверхонь та щоб товщина зміцненого шару, який залишається, була достатньою для забезпечення функціонування деталі протягом визначеного періоду часу.

### **Список використаних джерел**

1. Мархель І. Деталі машин. Навчальний посібник. – Алерта, 2016, 368 с.
2. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. К.: Вища школа, 1993, 414 с.
3. Бондаренко С.Г. основи технології машинобудування. Навчальний посібник. – Львів, Магнолія, 2021., 500 с.
4. Кузін О.А., Яцок Р.А. Металознавство та термічна обробка металів. Підручник– Львів: афіша, 2002, 304 с.

Е.А. Насібов, студент, О.В. Калалб, викладач  
Машинобудівний фаховий коледж  
Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара  
[ganstas1st@gmail.com](mailto:ganstas1st@gmail.com)

## ВИСОКОПРОДУКТИВНІ СПОСОБИ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «ВАЛ»

Анотація *Розглядаються високопродуктивні способи виготовлення деталей типу «вал»*

*Abstract The peculiarities of the high- production methods shaft-type parts manufacturing are considered*

Ключові слова: вал, механічна обробка, термічна обробка,  
Key words *shaft, tooling, thermic treatment*

Сучасні економічні умови вимагають суттєвого збільшення серійності випуску різноманітних машин. Деталі типу «вал» широко застосовуються у різних технічних системах, зокрема, коробках швидкостей, редукторах, насосах, компресорах, турбонасосних агрегатах, які в свою чергу використовуються у технологічному обладнанні та транспортних засобах.

Збільшення продуктивності виготовлення деталей типу «вал» починається із заготівельного виробництва. Найбільш продуктивними способами виготовлення заготовок для валів є штампування на горизонтально-кувальних і ротаційно-кувальних машинах, а також на кривошипних гаряче штампувальних пресах. Вихідними заготовками для штампування можуть бути прокатні профілі, поковки, виливки [1]. Для виконання термічної обробки заготовок можуть бути застосовані як камерні, так і методичні та напівметодичні печі [2].

Механічну обробку заготовок доцільно здійснювати на високопродуктивних фрезерно-центрувальних, багаторізцевих токарних автоматах та напівавтоматах, зубофрезерних, шліцефрезерних та шпонкофрезерних, круглошліфувальних та безцентровошліфувальних верстатах. Найбільш ефективним є об'єднання таких верстатів в автоматичні лінії [3]. Остаточну термічну обробку доцільно проводити з використанням високопродуктивного обладнання, наприклад, методичних печей, установок для загартування струмом високої частоти, лазерного загартування [2].

В разі використання універсальних верстатів доцільно використовувати такі можливості для збільшення продуктивності праці як гідрокопіювальні супорти токарно-гвинторізних верстатів, упори, кінцеві вимикачі та командоапарати токарних, свердлильних, фрезерних та шліфувальних верстатів [2].

Верстати з числовим програмним управлінням (ЧПУ) мають меншу продуктивність, ніж автомати та напівавтомати, але перевершують останніх за гнучкістю. В разі використання верстатів з ЧПУ доцільно застосовувати інтенсивні режими різання, використовувати лівий і правий різальний інструмент, скорочуючи кількість верстатів у виробничій системі та концентруючи операції на обмеженій кількості робочих місць. Найбільший ефект дає об'єднання таких верстатів у гнучку виробничу систему [3].

Таким чином, збільшення продуктивності обробки деталей типу «вал» може бути забезпечене як технічними так і організаційними засобами.



### Список використаних джерел

1. Боженко Л.І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Навчальний посібник. К.: Вища школа, 1990. 264 с.
2. Кузін О.А., Яцюк Р.А. Металознавство та термічна обробка металів. Підручник– Львів: афіша, 2002, 304 с.
3. В.М. Бочков, Р.І. Сілін. Обладнання автоматизованого виробництва. Навчальний посібник/ За ред. Сіліна Р.І. – Львів: Видавництво Державного університету «Львівська політехніка», 2000. – 380 с.

## **ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ І ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ СКЛАДНОЇ ФОРМИ**

Анотація. Розглянуті особливості використання сплайнів для опису поверхонь деталей при конструюванні і розробці технології їх виготовлення.

Ключові слова: сплайн, складні поверхні, конструювання, технологія виготовлення.

Abstract. The peculiarities of the use of splines for the description of the surfaces of parts during the design and development of their manufacturing technology are considered.

Keywords: spline, complex surfaces, construction, manufacturing technology.

Виготовлення деталей складної просторової форми в авіаційній галузі [1] з високою точністю передбачає використання специфічних методів і прийомів для технологічної підготовки виробництва, що суттєво впливає на собівартість продукції.

Використання CAD/CAM/CAE-систем значно спростили рішення багатьох задач, але необхідність відновлення гладких контурів по координатним точкам на практиці передбачає застосування специфічних технологічних рішень.

В особистості, запис геометричних поверхонь деталей у вигляді набору координатних точок створює певні проблеми як на етапі проектування, так і при виготовленні і контролі точності. Як правило на точність даних впливають похибки округлення координат і кількість точок, розподілення точок у залежності від кривизни поверхні, вибір методів відтворення контуру деталі по точкам і т. ін.

Часткове вирішення зазначених проблем можливе при застосуванні математичного апарату сплайн-функцій. По відомим точкам будується інтерполяційний сплайн, який на гладкій утворюючій криволінійній поверхні деталі дає достатньо точний запис поверхні [2,3]. За отриманими даними будується 3D модель, яка є носієм геометричних даних поверхні деталі. Інформація у такому виді може бути використана при проектуванні технологічної оснастки, заготовок, розрахунку траєкторії руху формоутворюючого інструменту на верстатах з ЧПК.

Важливою умовою отримання економічного ефекту є дотримання єдиного підходу використання методики при проектуванні і виготовленні деталей.

### **Список використаних джерел**

1. Дружинский И.А. Сложные поверхности: Математическое описание и технологическое обеспечение: Справочник. Л.: Машиностроение, Ленингр. Отд-ние, 1985. 263 с.
2. Завьялов Ю.С. и др. Сплайны в инженерной геометрии / Ю.С.Завьялов, В.А. Леус, В.А.Скороспелов. М.: Машиностроение, 1985. 224 с.
3. Коротков В.С. Запис геометричних параметрів поверхонь деталей складної форми. Монографія. Кам'янське: ДДТУ, 2019. 110с.

*О.О.Рибак, магістр, В.С. Коротков, к.т.н., доцент  
Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське  
[kvs55dn@gmail.com](mailto:kvs55dn@gmail.com)*

## **ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ МЕТАЛООБРОБКИ НА ВЕРСТАТАХ З ЧПК ШЛЯХОМ КОМПЕНСАЦІЇ ПРУЖНИХ ДЕФОРМАЦІЙ**

Анотація. Розглянуті варіанти підвищення точності металообробки на верстатах з ЧПК шляхом компенсації очікуваних пружних деформацій від дії сил різання. Ключові слова: пружні деформації, керуюча програма, верстат з ЧПК.

Abstract. Considered options for increasing the accuracy of metalworking on CNC machines by compensating the expected elastic deformations due to the action of cutting forces.

Keywords: elastic deformations, control program, CNC machine tool.

Металообробка на верстатах з ЧПК виконується по керуючій програмі (КП). В ній записані всі основні і допоміжні переміщення робочих органів верстата на певних режимах. Високоточна обробка можлива при відповідності фактичних переміщень формоутворюючого різального інструменту розрахованій траєкторії, яка записана у КП. В умовах виробництва діють багато факторів, які вносять похибки обробки. В особистості пружні деформації елементів верстату, що виникають від дії сил різання, зміщують у просторі складові технологічної системи (ВПД) і формують похибку обробки [1].

Запропоновано варіант введення корекцій у траєкторію руху інструменту для компенсації пружних деформацій. Дані про податливість елементів верстату з ЧПК можуть бути отримані за допомогою діагностичних пристроїв шляхом моделювання робочих навантажень в певному діапазоні і вимірювання фактичного відхилення розміру [2,3].

За результатами досліджень конкретного верстату формується математична модель податливості технологічної системи. Отримані результати дають можливість прогнозувати величину і напрямок можливої похибки розміру. Шляхом введення в траєкторію руху відповідних корекцій для компенсації очікуваних похибок створюється можливість підвищення точності обробки на верстатах з ЧПК.

### **Список використаних джерел**

1. Решетов Д.Н., Портман В.Т. Точность металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1986. – 336 с.
2. Проников А.С. Программный метод испытания металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1985. -288с.
3. 10. Патент №126657 України на корисну модель, МПК В23В 25/06. Пристрій для імітації навантажень в металорізальних верстатах / В.С. Коротков, Р.В. Коротков.Опубл. 25.06.2018. Бюл. № 12.

*М.В. Селютін, студент, С.І. Черніков, директор  
Машинобудівний фаховий коледж  
Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара  
[mellss.osn@gmail.com](mailto:mellss.osn@gmail.com)*

## **ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «СТАКАН» ЗА УМОВ РІЗНИХ ТИПІВ ВИРОБНИЦТВА**

*Анотація Розглядаються особливості виготовлення деталей типу стакан за умов одиночного, серійного та масового виробництва*

*Abstract The peculiarities of the production of cup-type parts under the conditions of single, serial and mass production are considered*

*Ключові слова: деталь «стакан», заготовка, верстат з числовим програмним управлінням*

*Key words cup-type part, a workpiece, a numerically controlled machine*

Деталі типу «стакан» широко використовуються у різноманітних технічних системах: клапани різного призначення, корпусні деталі редукторів, коробок швидкостей, насосів, компресорів. Застосування стаканів з високоміцних матеріалів для розташування посадочних місць під підшипники, дозволяє виготовляти корпусні деталі з легких сплавів, що забезпечує зменшення маси технічних систем і є суттєвим для літальних апаратів.

Для виготовлення таких деталей можуть бути використані різноманітні матеріали: вуглецеві та леговані сталі, чавуни різних марок, титанові сплави та інші конструкційні матеріали. Заготовками для деталей типу «стакан» можуть бути катані та пресовані профілі, ковани та штамповані поковки, пресовані та спечені заготовки з порошкових матеріалів, виливки, отримані різними способами. Відповідно за умов одиночного та дрібносерійного виробництва використовуються заготовки з катаних і пресованих профілів, кованих поковок та виливків простої форми. В умовах середньосерійного, великосерійного та масового виробництва доцільне використання штампованих поковок і виливків, отриманих високопродуктивними точними способами лиття, а також порошкових заготовок. В разі необхідності деталі типу «стакан» можуть бути піддані різним видам термічної та хіміко-термічної обробки, в тому числі з використанням процесів самопідтримуючогося високотемпературного синтезу. Крім цього, в разі необхідності, на певні поверхні деталей можуть бути нанесені різноманітні покриття (електролітичні, плазмові, лакофарбові, металополімерні та інші) [1].

Основний обсяг робіт з формоутворення деталей типу «стакан» здійснюється механічною обробкою. Обробляються зовнішні та внутрішні циліндричні і конічні поверхні, торцеві поверхні, зовнішні та внутрішні різьби, канавки різного профілю на зовнішніх та внутрішніх поверхнях. Особливий інтерес становить обробка поверхонь, наприклад, торцевих, яка може бути здійснена різними способами і на верстатах різних типів [2].

Для виготовлення деталей типу «стакан» в залежності від серійності випуску продукції можуть бути застосовані універсальні металорізальні верстати (одиничне виробництво), верстати з числовим програмним управлінням (середньосерійне виробництво) та високопродуктивні автомати та напівавтомати (великосерійне та масове виробництво). Організаційно ці верстати можуть бути застосовані поодиноці та

у складі дільниць, виробничих модулів («верстат-робот»), автоматичних ліній і гнучких виробничих систем [3].

#### **Список використаних джерел**

1. Боженко Л.І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Навчальний посібник. К.: Вища школа, 1990. 264 с.
2. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. К.: Вища школа, 1993, 414 с.
3. В.М. Бочков, Р.І. Сілін. Обладнання автоматизованого виробництва. Навчальний посібник/ За ред. Сіліна Р.І. – Львів: Видавництво Державного університету «Львівська політехніка», 2000. – 380 с.

*М.К. Сіренко, аспірант, О.В. Карпович, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
[peleng777@gmail.com](mailto:peleng777@gmail.com)*

## **РОЗРОБКА СПОСОБУ ПОШАРОВОГО АРМУВАННЯ ВОЛОКНОМ ДЕТАЛЕЙ РКЛА ПРИ FFF 3D-ДРУЦІ**

**Анотація:** У роботі проаналізована можливість армування деталей під час 3d-друку неперевними волокнами. Розглянуто технології подачі та викладання волокна. Запропоновано спосіб та конструкція подавального механізму для армування деталі як частина технології друку.

**Ключові слова:** 3d-друк, армування, композит, волокно.

**Abstract:** This work analyses the possibility of part reinforcement with continuous fiber during the 3d-printing process. Technologies of feed and laying of fiber were analyzed. As a result, method and structure of feed system for part reinforcement as a component of printing technology were proposed.

**Keywords:** 3d-printing, reinforcement, composite material, fiber.

Для покращення фізико-механічних характеристик деталей та виробів з полімерних матеріалів, що виготовляються за допомогою FDM-технології, може використовуватися армування композиційними волокнами. Найбільш ефективна стратегія армування – неперевними волокнами, що міцно зв'язані з основним матеріалом. Проблема полягає у тому, що основний метод армування у 3d-друку – філамент, наповнений композиційним матеріалом – не забезпечує безперервного армування, бо найчастіше наповнений гранулами чи відносно короткими волокнами, і неможливо перевірити якість зчеплення армування з пластиком.

Мета цього дослідження – аналіз технологій викладання композиційного волокна та засобів армування з використанням механізму подавання волокна, інтегрованим у конструкцію 3d-принтера.

У якості матриці було прийнято використання конструкційних (PC, PET, Nylon) та напів-конструкційних (ABS+) пластиків. За армуючий матеріал був прийнятий органоволокно типу СВМ та базальтове волокно.

У дослідженні були проаналізовані різні технології подачі та викладання композиційного волокна, методи зкріплення волокна з пластиком, та розглянуті можливості інтеграції оснащення для армування у конструкцію 3d-принтера.

На основі отриманих результатів визначені оптимальні технологічні прийоми викладання волокна, технології армування та запропонована принципова конструкція механізму подавання волокна.

### **Список використаних джерел:**

1. Studies on Automated Manufacturing of High Performance Composites // NTRS – NASA Technical Reports Server. URL: <https://ntrs.nasa.gov/citations/20040086087>
2. AFPALM: A New 3D Printing Technology Combines 3D Printing with Automated Fiber Placement // 3DPrint.com. URL: <https://3dprint.com/221861/hybrid-3d-printing-afp/>
3. Automated fiber placement: A review of history, current technologies, and future paths forward // ScienceDirect. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666682021000773>

Д.О. Тищенко, студент, О.В. Бондаренко, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[bro3teamvip@gmail.com](mailto:bro3teamvip@gmail.com)

## ВИГОТОВЛЕННЯ КРІПІЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ З ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ ДЛЯ СКЛАДАННЯ ТРУБОПРОВІДНИХ МАГІСТРАЛЕЙ РАКЕТ-НОСІЇВ

Анотація *Розглядаються особливості виготовлення кріпильних деталей з титанових сплавів для складання трубопровідних магістралей ракет-носіїв.*

Abstract *The peculiarities of the manufacture of fasteners from titanium alloys for the assembly of pipelines of rocket-launches are considered.*

Ключові слова: кріпильні деталі, титанові сплави, трубопровідні магістри, Ракети-носії

Key words: fasteners, titanium alloys, pipelines, rocket-launches.

Титанові сплави не поступаються високоміцним нержавіючим сталям за міцністю, але мають приблизно вдвічі менший модуль пружності. У вітчизняному ракетобудуванні титанові сплави обмежено використовуються для виготовлення кріпильних деталей через чутливість до концентрації напружень.

Для виготовлення кріпильних деталей найкраще підходять  $\alpha + \beta$  титанові сплави, наприклад, ВТ6С, які меншою мірою чутливі до наявності концентраторів напружень, ніж високоміцні сплави, такі як ВТ14, ВТ22 та ВТ23. Крім цього, титановий сплав ВТ6С широко використовується для виготовлення кулебалонів вітчизняних ракет-носіїв [1].

Найбільш вживані у пневмогідролічних системах ракет-носіїв такі кріпильні деталі як болти, шайби, гайки, накидні гайки. Гвинти з внутрішнім шестигранним заглибленням під ключ використовуються набагато рідше через побоювання наявності концентраторів напружень в місці переходу від головки до тіла гвинта, хоча такі гвинти не тільки мають меншу масу і габаритні розміри, ніж болти, а й забезпечують використання перспективних способів складання трубопровідних магістралей [2].

Маршрутні технологічні процеси формоутворення кріпильних деталей з титанових сплавів і аустенітних хромонікелевих сталей відрізняються мало і залежать від наявного обладнання. Традиційно для ракетно-космічної техніки різьба повинна бути виконана різанням, а не накатуванням для забезпечення максимальної кінематичної точності. Відмінності полягають у наступному: заокруглення западин між витками різьби; запобігання появі подряпин як на різьбовій, так і на гладкій частині стрижня болта або гвинта. Це забезпечується відповідними значеннями радіусу заокруглення вершини різьбового різця та формою і якістю виконання витків мітчиків або плашок [3].

### Список використаних джерел

1. Технологія виробництва ракетно-космічних літальних апаратів: Навч. Посібник/ Ю.С. Алексєєв, О.Є. Джур, О.В. Кулик, Л.Д. Кучма, Є.Ю. Ніколенко, В.В. Хуторний / Під. ред. д-ра техн. наук Є.О. Джура. – Д.: АРТ\_ПРЕС, 2007. – 480 с.
2. Старцев Н.И. Трубопроводы газотурбинных двигателей. М, «Машиностроение», 1976, 272 с.
3. Кривоухов В.А., Чубаров А.Д. Обработка резанием титановых сплавов. М. машиностроение, 1970, 180 с.

## **ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ЗВАРНИХ БАРАБАНІВ РОТОРІВ КОМПРЕСОРІВ ГТД**

Мета роботи. Підвищення довговічності роторів компресорів ГТД обробкою в псевдозрідженому шарі абразиву.

Дослідження проводилися на зварених барабанах роторів компресора високого тиску (КВТ) авіаційного двигуна Д-36. Барабани оброблялися у псевдозрідженому шарі абразиву (ПША) установки АПС-600 без сопел та із застосуванням спеціальних повітряних сопел.

Ключові слова: диск, барабан ротора компресора, повітряні сопла, псевдозріджений шар абразиву, циклічна довговічність.

Purpose of work. Increasing the durability of GTE compressor rotors by treatment in a fluidized bed of abrasive.

The research was carried out on welded rotor drums of the high-pressure compressor (HPC) of the D-36 aircraft engine. The drums were processed in the fluidized bed of abrasive (FB) of the APS-600 unit without nozzles and with the use of special air nozzles.

Key words: disc, compressor rotor drum, air-blast nozzles, fluidized bed of abrasive material, cyclic life.

Аналіз руйнування дисків компресора при експлуатації показав, що основною причиною їх руйнування є ушкодження втомного характеру.

Зразки вирізалися з одного диска I ступеня КВТ, який оброблявся методом ПША у складі барабана.

Випробування проводилися на машині ЕДЦ-20 при  $T=20^{\circ}\text{C}$ , частота навантаження 8 Гц з коефіцієнтом асиметрії циклу  $r = 0,2$  і максимальному зусиллі, що вдвічі перевищує експлуатаційне  $P_{\text{max}} = 21600 \text{ Н}$ . При цьому біля основи МПВ  $\sigma_r = 131 \text{ МПа}$ .

Обробка барабана ротора КВТ у ПША у складі барабана із застосуванням повітряних сопел збільшує довговічність в 2,2 рази у порівнянні з обробкою без сопел.

Низькотемпературний відпал барабана при  $T = 550^{\circ}\text{C}$  є більш кращим, ніж відпал при  $T = 750^{\circ}\text{C}$ , тому що його циклічна довговічність більше в 1,76 раз.

### **Список використаних джерел**

1. Технологическое обеспечение эксплуатационных характеристик деталей ГТД. Диски компрессора и турбины: монография / В. А. Богуслаев, И. Ф. Кравченко, А. Я. Качан и др. – Ч. III. – Запорожье: АО «Мотор Сич», 2011. – 428 с.
2. Гончар Н. В. Выносливость ободной части дисков компрессоров из жаропрочного титанового сплава ЭИ 698-ВД в условиях рабочих температур / Н. В. Гончар, В. К. Яценко, Д. В. Павленко // Вестник двигателестроения. – 2004. – № 3. – С. 20–23.
3. Технология производства авиационных двигателей. Часть III. Методы обработки деталей авиационных двигателей / В. А. Богуслаев, А. Я. Качан, В. К. Яценко и др. – Запорожье: Изд. ОАО «Мотор Сич», 2008. – 638 с.



*Д.В. Ципляк, студент, Д.О. Бетін, к.т.н., доцент  
Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»  
[dimtsypl@ukr.net](mailto:dimtsypl@ukr.net)*

## **ШЛЯХИ ЗМЕНШЕННЯ РАДІОПОМІТНОСТІ КОМПЛЕКСУ «ЛІТАЛЬНИЙ АПАРАТ – ОЗБРОЄННЯ»**

Зменшення помітності бойового літального апарату (ЛА) для радіолокаційних засобів (РЛЗ) противника – суттєва запорука виживання ЛА. Цього досягають різними методами: використанням спеціальної зовнішньої форми планера, матеріалів та покриттів, дотриманням певної тактики польоту, створенням активних радіоперешкод. Проте важливо, щоб не тільки сам планер ЛА був непомітним. Засоби ураження на зовнішніх підвісках вносять відчутний вклад у відбиття електромагнітних хвиль від РЛЗ. Це призводить до погіршення непомітності.

Цей негативний вплив нівелюється завдяки розташуванню озброєння у внутрішній частині ЛА. Проте це можуть підтримувати носії озброєння, в яких така конструкція проєктувалася від самого початку. Тому для ЛА, які вже розроблені зі зовнішніми підвісками, такий підхід неможливо застосувати. Також можна підвішувати лише ракети, виконані за стелс-технологією. Але їх розробка та виробництво має високу вартість, тому доцільно лише для стратегічних завдань. По-друге, більшість ракет вже спроектовані без застосування форм та матеріалів, що відбивають хвилі радіолокаційних станцій. Активні радіоперешкоди мають короточасну дію. Покриття, нанесені на ракету, можуть відшаруватися при довготривалих надзвукових швидкостях, яких досягає носій озброєння при польоті чи безпосередньо ракета на марші. Тому застосовувати покриття для надзвукових стратегічних ракет як засіб зменшення їх помітності після запуску не ефективно, а для тактичних – не доцільно. У покриттях на подібних засобах ураження виникає потреба, коли необхідно покращити непомітність саме для авіаційного комплексу. Але за умови, коли надзвуковий режим польоту зберігається не довго. Або коли він взагалі не передбачений, як у більшості ударних безпілотних ЛА чи гвинтокрилів.

Спеціальні покриття розсіюють сигнал від РЛЗ, змінюють частоту відбитих хвиль чи поглинають їх та перетворюють у тепло. Для ракет рекомендовано застосування радіопоглинаючих феритових покриттів, лакофарбових та листових поглиначів на основі силікону зі сполуками фериту чи графіту, а також технологічних стільникових склопластикових конструкцій. Крім того, сучасні технології дозволяють робити покриття зі змінною товщиною та властивостями діелектричної та магнітної проникності вздовж поверхні обшивки для покращення непомітності.

### **Список використаних джерел:**

1. Звонко А.А. Можливості застосування існуючих радіопоглинаючих покриттів до бойових частин ракет / А. А. Звонко // Військово-технічний збірник. - 2012. - № 2. - С. 29-32. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vtzb\\_2012\\_2\\_9](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vtzb_2012_2_9).

<sup>1</sup>Ю.А. Шашко, аспірант, <sup>1</sup>О.В. Кулик, к.т.н. доцент, <sup>2</sup>С.В. Казєєв,  
<sup>2</sup>Р.Ф.Максимчук, <sup>3</sup>С.В. Аджамський  
<sup>1</sup>Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара  
<sup>2</sup>Flight Control Propulsion  
<sup>3</sup>Additive Laser Technology  
[yuriy.shashko@flightcontrol.space](mailto:yuriy.shashko@flightcontrol.space)

## **МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ АБРАЗИВНО-ПОВІТРЯНИМ СТРУМЕНЕМ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ЛОПАТОК МОНОКОЛІС ЗАКРИТОГО ТИПУ ОТРИМАНИХ АДИТИВНИМ МЕТОДОМ.**

Сучасне машинобудівне виробництво потребує продуктивних та дешевих методів обробки металевих деталей, які в подальшому стануть складовими технологічного обладнання. Абразивно-струменевий (мокрый і сухий) метод обробки може застосовуватися як на завершальних операціях технологічного процесу, наприклад, для зміцнення або декоративного оздоблення поверхонь виробів, так і в підготовці поверхонь до подальшої обробки, зокрема, до операцій з нанесення покриттів. Переваги струменевої обробки особливо проявляються зі збільшенням розмірів та ускладненням форми виробів роблячи її подекуди безальтернативним методом для досягнення бажаних показників якості поверхонь виробів. Важливою вимогою до будь-якого методу обробки є прогнозованість точності та якості виробів, отриманих після застосування цього методу.

Правильний вибір технологічних режимів може гарантувати забезпечення результатів струменевої обробки. Однак необхідність врахування значної кількості вхідних даних, а саме параметрів обладнання, струменя, робочого середовища, фізико-механічних властивостей матеріалу та форми оброблюваних поверхонь виробів, а також відсутність чітких рекомендацій та експериментальних даних суттєво ускладнюють процес. Тому актуальним завданням є моделювання струменевої обробки лопаток моноколіс закритого типу з використанням програмної системи аналізу кінцевих елементів ANSYS. Даний пакет програм дозволить змоделювати процеси обробки з урахуванням параметрів обладнання, робочого середовища, фізико-механічних властивостей оброблюваної деталі, взаємозв'язок між параметрами та їхній вплив на якість оброблюваної поверхні.

Отримані результати моделювання ляжуть в основу реального технологічного процесу обробки лопаток моноколіс закритого типу.

*А.С. Швець, студент, В.В. Хуторний, к.т.н., доц.,  
В.А. Сонцев, провідний співробітник  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,  
Національний центр аерокосмічної освіти молоді ім. О.М. Макарова  
[ary26111998@gmail.com](mailto:ary26111998@gmail.com)*

## **СПОРЯДЖЕННЯ ТВЕРДОПАЛИВНИХ ДВИГУНІВ МЕТОДОМ ПРОТЯГУВАННЯ КАНАЛОУТВОРЮЮЧОГО СТЕРЖНЯ**

**Анотація:** В наш час, коли супутники стали значно менші в розмірі ніж раніше, з'являється можливість їх виведення на орбіту не величезним ракето носієм, а легкою суборбітальною ракетою. Використання суборбітальних ракет в якості носія супутників дозволить зменшити вартість виведення одного кілограма корисного вантажу.

**Annotation:** Nowadays, when satellites have become much smaller in size than before, it is possible to launch them into orbit not by a huge rocket carrier, but by a light suborbital rocket. The use of suborbital rockets as a carrier of satellites will reduce the cost of removing one kilogram of payload.

Ключові слова: *Запресування палива, твердопаливний двигун, суборбітальна ракет, метод запресування твердого палива, стенд.*

*Key words: Fuel compression, solid fuel engine, suborbital rocket, method of solid fuel compression, stand.*

Наша суборбітальна ракета, яка виробляється в рамках проекту «Студентська ракета», який започаткований і реалізується в Noosphere Engineering School в Дніпровському національному університеті ім. Олеся Гончара має твердопаливний двигун. Перед нами встало питання який метод запресування палива підійшов би для нас.

Проаналізувавши існуючі методи виробництва твердопаливних двигунів та використавши деякі з них на практиці виникла ідея розробити власний метод, а саме метод протягування каналотворюючого стержня.

Метод полягає в тому, що заготовлене паливо необхідного об'єму вкладеться в готову оболонку двигуна. Після утримання на вібростенді каналотворюючий стержень протягується скрізь паливо та фіксується до повної полімеризації палива. Виймається в зворотному порядку.

Цей метод значно спрощує технологічний процес виготовлення твердопаливних двигунів. При використанні цього методу відпадає необхідність розбірних оправок, які в своїй конструкції мають фланці для кріплення днищ. За рахунок суцільного корпусу вдалось досягти спрощення виготовлення корпусу двигуна та зменшити його масу.

Для цього способу виробництва твердопаливних двигунів розробляється стендова база та методика запресування та підрахунку необхідного об'єму палива з урахуванням його утримання під час протягування каналотворюючого стержня.

### Список використаних джерел:

1. Технологія виробництва ракетно-космічних літальних апаратів: підручник /Ю.С Алексєєв, О.Є. Джур, О.В. Кулик, Л.Д. Кучма, Є.Ю. Ніколенко, В.В. Хуторний. Дніпро, 2007.
2. Твердопаливні ракетні двигуни. Матеріали і технології підручник для студентів вищих закладів освіти , що навчаються за спец. "Літальні апарати", "Енергетичні установки космічних літальних апаратів", "Системи керування літальними апаратами і комплексами", "Ракетні космічні апарати": підручник / Санін Ф. П. Дніпропетровськ: Дніпропетровський університет 1999.
3. Стендові випробування твердопаливних ракетних двигунів: книга / О. С. Левенко Дніпро : Домінанта Прінт 2018.

*М.О. Шека, студент, Ю.Е. Стрежекуров, викладач спец дисциплін  
Машинобудівний фаховий коледж*

*Дніпровського національного університету ім. Олеса Гончара  
[maksimsheka@gmail.com](mailto:maksimsheka@gmail.com), [staty.mail.ua@gmail.com](mailto:staty.mail.ua@gmail.com)*

## **ОРГАНІЗАЦІЯ МОНІТОРИНГУ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ НАВКОЛО СТАРТОВИХ ПОЗИЦІЙ КОСМІЧНИХ РАКЕТ**

**Анотація** У статті описується принцип управління системою стеження, позиціонування як автономної вітро-сонячної енергетичної установки так і установки визначення об'єктів у повітряному просторі а також методика розрахунку швидкості цілі та відстані до неї, використовуючи ефект Доплера. Розглянуто методику розрахунку часу застосування методів для очищення повітряного простору, використовуючи цю систему наведення.

**Ключові слова:** система наведення, ефект Доплера, датчики звуку, трилатерація, позиціонування, розрахунок відстані, розрахунок швидкості, ракетносії.

**Abstract** The article describes the principle of controlling the tracking system, the positioning of both an autonomous wind-solar energy installation and an installation of determining objects in air space, as well as a method of calculating the speed of the target and the distance to it, using the Doppler effect. The method of calculating the time of application of methods for cleaning the air space using this guidance system is considered.

**Key words:** guidance system, Doppler effect, sound sensors, trilateration, positioning, distance calculation, speed calculation, launch vehicles.

**Актуальність** обумовлена потребою в ефективних системах наведення на ціль у різних сферах в у умовах автономності та енергозбереження. Система, описана у статті, має переваги перед іншими методами наведення, такими як висока точність, надійність та можливість використання в умовах шуму та інтерференцій. Результати розрахунків на конкретних прикладах підтверджують ефективність та точність цієї системи.

Стаття може бути корисною для фахівців у галузі розробки систем наведення на ціль, а також для військових дослідних інститутів та організацій, що займаються оборонними технологіями.

**Вступ** В даний час системи стеження за об'єктами стали важливим компонентом у різних галузях, включаючи енергетику, науку, техніку та безпеку. Одним із методів стеження є система, заснована на різниці яскравості світла або частот звукових хвиль, які випромінює повітряний об'єкт. Даний метод дозволяє визначити швидкість та відстань до мети.

**Принцип роботи системи** Система складається з окремо стоячих міні веж поєднаних між собою інформаційним зв'язком який з одного боку не суперечить самостійній роботі кожної з веж як енергетичній установки, а з іншого боку об'єднує їх у велику систему або декілька малих систем точного наведення на об'єкт у повітрі. Таким чином на кожній вежі є окрім ветрогенератора по чотири датчика освітленості і шуму для позиціонування по горизонталі і вертикалі. А між собою дві вежі працюють як два мікрофони (надалі у контексті визначення цілі «два мікрофони»), розташовані на певній відстані один від одного. Коли об'єкт пролітає повз систему, кожен

мікрофон отримує звукову хвилю від об'єкта, але через ефект Доплера, довжина хвилі звукової хвилі і відповідна частота будуть відрізнятися для кожного мікрофона [1,2].

Визначення відстані до цілі можна зробити, використовуючи час прибуття звуку до кожного мікрофона. Різниця часу прибуття між двома мікрофонами дозволяє визначити відстань до джерела звуку. Для визначення позиції об'єкта щодо системи стеження, необхідно знати відстань між мікрофонами та напрямок від системи до об'єкта. Це можна зробити, використовуючи метод трилатерації. У контексті нашої системи наведення на ціль метод трилатерації може використовуватися для визначення відстані від системи стеження до об'єкта [3,4].

### Список використаних джерел

1. Пупков К.А. Высокоточные системы самонаведения. Расчет и проектирование вычислительный эксперимент / К.А. Пупков, Н.Д. Егупов, Л.В. Колесников, Д.В. Мельников, А.И. Трофимов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. – 512 с.
2. Максимов М.В. Радиоэлектронные системы самонаведения / М.В. Максимов, Г.И. Горгонов. – М.: Радио и связь, 1982. – 304 с3.
3. Зайцев Г.В. Цифровая обработка сигналов в многофункциональных радиолокаторах. Методы. Алгоритмы. Ап- паратура. Коллективная монография / под ред. Г.В. Зайцева. – М.: Радиотехника, 2015. – 376 с.
4. Palumbo N.F. Guest Editor's Introduction: Homing Missile Guidance and Control / N.F. Palumbo // Johns Hopkins APL technical digest. – 2010. – Vol. 29, No. 1. – P. 8.

# **РАДІОЕЛЕКТРОННА АПАРАТУРА РАКЕТНО-КОСМІЧНИХ СИСТЕМ**

**Малайчук Валентин Павлович**  
доктор технічних наук, професор

*Н.І. Федоряцька, аспірантка, В.П. Малайчук, д.т.н., професор  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[nad\\_545@ukr.net](mailto:nad_545@ukr.net)*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ВИМІРЮВАНЬ ЗА КРИТЕРІЯМИ ФРОЦІНИ, АНДЕРСОНА-ДАРЛІНГА**

**Анотація.** Робота присвячена дослідженню надійності технічних систем. Експериментальні вибірки вимірювань перевіряються на статистичну однорідність за допомогою різних критеріїв для визначення інформативності.

**Abstract.** The work is devoted to the study of the reliability of technical systems. Experimental samples of measurements are tested for statistical homogeneity using various criteria to determine informativeness.

**Ключові слова:** надійність, вибірка, інформативність, розподіл, критерій.

**Keywords:** reliability, sampling, informativeness, criterion.

Основними властивостями технічних об'єктів та систем є їхня надійність. В теорії надійності частіше за все використовуються такі розподіли, як експоненціальний, Вейбулла, гамма-розподіл, нормальний, логістичний та інші. Метою дослідження є проведення обчислювальних експериментів на моделях узагальнених експоненціальних вимірювань як випадкових величин з невідомими параметрами емпіричних функцій розподілу ймовірностей, перевірити інформативність критеріїв експоненціальності.

Перевірка представляє собою оцінку емпіричної ймовірності прийняття правильних рішень про функції розподілу. Для перевірки гіпотез про належність вибірки до експоненціального закону розподілу існує багато критеріїв. Задля недопущення помилкових висновків при застосуванні одного якогось критерія, виникає необхідність застосування декількох критеріїв. Завдяки комп'ютерній обробці масо змогу визначити переваги та недоліки обраних критеріїв, провести аналіз потужності та інформативності в залежності від об'ємів вибірок.

Для перевірки експоненціальності функцій розподілу для дослідження були обрані критерії Шапіро-Уїлка, Колмогорова-Смірнова, Андерсона-Дарлінга, Фішера, Фроцині. Перевірка буде проводитись шляхом проведення обчислювальних експериментів на коротких вибірках методами математичного моделювання комп'ютерними програмними генераторами та створенні алгоритмів перетворення випадкових величин у сімейство експоненціальних вибірок вимірювання.

### **Список використаних джерел.**

1. Кобзар А.І. Прикладна математична статистика. Для інженерів та наукових робітників. – Вид-во Физматлит, 2006. – 816 с.
2. Надійність технічних систем: Монографія / Переверзев Є., Алпатов А., Данієв Ю., Новак П. – Пороги, 2002. – 396 с.
3. Статистичний аналіз даних вимірювань: навч. посіб. / Єременко В.С., Куц Ю.В., Мокійчук В.М., Самойліченко О.В. – К.: НАУ, 2013. – 320 с.



# **СПЕЦІАЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО, НОВІ МАТЕРІАЛИ І СТРУКТУРИ**

**Манько Тамара Антонівна**

доктор технічних наук, професор

**Потапов Олександр Михайлович**

кандидат технічних наук, начальник комплексу нових матеріалів і перспективних технологій

**Пронцевич Оксана Олександрівна**

кандидат технічних наук, провідний науковий фахівець

А.Ю. Борисенко, д.т.н.<sup>1,2</sup>, В.Н. Надтока, к.т.н.<sup>1</sup>, М.В. Красв, к.т.н.<sup>1</sup>  
І.О. Гусарова<sup>1</sup>, д.т.н.

<sup>1</sup>ДП «КБ «Південне» ім. М.К. Янгеля»

<sup>2</sup>Інститут чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАН України  
[asbor@ua.fm](mailto:asbor@ua.fm)

## РОЛЬ КРАПЛИННОЇ ФАЗИ В УТВОРЕННІ СТРУКТУРИ NI-CR ПОКРИТТІВ ПРІ ВАКУУМНО-ДУГОВОМУ ОСАДЖЕННІ

Анотація: Виконано аналіз впливу краплинної фази та азоту на структуру та властивості Ni-Cr покриттів при вакуумно-дуговому осадженні..

Abstract: The influence of the drop phase and nitrogen on the structure and properties of Ni-Cr coatings during vacuum-arc deposition has been analyzed.

Ключові слова: вакуумно-дугове осадження, Ni-Cr покриття, азот, структура.

Key words: vacuum arc deposition, Ni-Cr coatings, nitrogen, structure.

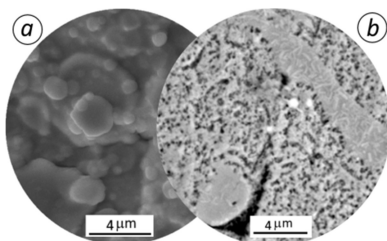


Рисунок – Структура поверхні (а) та поперечного перерізу (б) Ni-Cr покриття після ВДО у середовищі азоту: а – не травлено; б – травлено

Ni-Cr покриття, які отримані вакуумно-дуговим осадженням (ВДО) – перспективні матеріали для захисту поверхонь виробів, що працюють в умовах підвищеного зношування при високих температурах [1].

На зразки з міді, що імітують стінки камер згоряння ракетних двигунів, осаджували сталь 08X18N10T без та з добавкою N при тиску  $1 \times 10^{-3}$  торр, струмі і напрузі дуги 82A і 32V відповідно. Час осадження 90 хв.; товщина покриттів 243–245 мкм.

ВДО з та без азоту призводить до утворення переважної кількості краплинної фази (рис., а) [2], мікроструктура якої різна (рис., б). Це пов'язано зі складними умовами її утворення, що циклічно повторюється, та які не описані раніше [3] – зміні агрегатного стану (газ→рідина→тверде) Ni-Cr сплаву та поліморфних перетворень заліза ( $\delta \rightarrow \gamma \rightarrow \alpha$ ) з утворенням нітридів. Необхідні подальші дослідження цих процесів для підвищення властивостей Ni-Cr покриттів за рахунок керування режимів ВДО.

### Список використаних джерел.

1. Nadtoka V., Kraiev M., Borisenko A. et al. Multi-Component Nitrated Ion-Plasma Ni-Cr Coating // Journal of physics and electronics. – 2021. – V. 29, № 1. – P. 61–64.
2. Береговский В.В., Духопельников Д.В. Щренкова С.А. Влияние тока разряда на объемную долю капельной фазы в покрытиях Ti и TiN // Матер. 30-го семинара «Электровacuум. техника и технологии». – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – С. 33–36.
3. Gavriljuk V., Berns H. High nitrogen steel: structure, properties, manufacture, applications. – Ber.; Hidl.; N. Y.; Barc.; H. K.; Lond.; Mil. Par.: Springer, 1999. – 378

*С.В. Кирилаха, аспірант, О.Є. Капустян, к.т.н., доцент  
Національний університет «Запорізька політехніка»  
[lanakirilaha@gmail.com](mailto:lanakirilaha@gmail.com), [aek@zntu.edu.ua](mailto:aek@zntu.edu.ua)*

## **АДИТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ РЕМОНТІ ДЕТАЛЕЙ ГТД**

Розроблено технологію ремонту деталей ГТД адитивним вирощуванням пошкодженої частини методом мікроплазмового наплавлення порошком. Економічний ефект від впровадження даної технології становить понад 100 тисяч гривень (близько 23% від вартості нової деталі).

Ключові слова: адитивні технології; наплавлення; порошок; технологія; кожух.

A technology has been developed for repairing the casing of the gas turbine engine parts by additive growing of the damaged part by the method of microplasma powder surfacing. The economic effect from the introduction of this technology is more than 100 thousand hryvnia (about 23% of the cost of a new part).

Keywords: additive technology; deposition; powder; technology; casing.

Одним з найперспективніших напрямів розвитку світової промисловості, що швидко розвивається в останні роки, стали адитивні технології (АТ) [1-3].

Метою роботи є розробка технології адитивного вирощування методом мікроплазмового наплавлення порошком для забезпечення заданого рівня механічних властивостей, необхідних для експлуатації деталей ГТД.

Для підтвердження працездатності відновленої деталі було проведено комплекс досліджень напавленого металу: хімічний склад, мікроструктура, рівень механічних властивостей вирощеного сплаву з подальшою серійною термообробкою.

Впровадження АТ дозволило підвищити ремонтпридатність відповідальних вузлів та знизити витрати на ремонт. Економічний ефект від деталей ГТД складає понад 100 тис. грн.

### **Список використаних джерел.**

1. Application of Domestic Heat-Resistant Powders in Additive Techniques [Text] / O. A. Glotka, O. V. Ovchinnikov, V. I. Degtyaryov, S. A. Kameneva // Powder Metallurgy and Metal Ceramics. – 2018. – Vol. 56. – P. 726-732. DOI: 10.1007/s11106-018-9948-2.
2. Composition, Structure, and Properties of Sintered Silicon-Containing Titanium Alloys [Text] / I. O. Bykov, A. V. Ovchinnikov, D. V. Pavlenko, Z. V. Lechovitzer // Powder Metallurgy and Metal Ceramics. – 2020. – Vol. 58. – P. 613-621. DOI: 10.1007/s11106-020-00117-w.
3. Вплив мікроструктури на корозійну тривкість у кислотних середовищах титанових сплавів, одержаних за порошковою технологією [Текст] / Д. Г. Саввакін, О. О. Стасюк, І. М. Погрелюк, Х. С. Шляхетка, С. М. Ткаченко, О. О. Осипенко // Metallophysics and Advanced Technologies. – 2020. – Vol. 42, No. 10. – P. 1347-1362. DOI: 10.15407/mfint.42.10.1347.

*К.В.Козіс<sup>1</sup>, к.т.н., старший науковий співробітник,*

*Т.А.Манько<sup>2</sup>, д.т.н., професор,*

*М.Н.Мейірбеков<sup>3</sup>, докторант PhD*

<sup>1</sup> *Державне підприємство*

*«Конструкторське бюро «Південне» імені М.К. Янгеля*

<sup>2</sup> *Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

<sup>3</sup> *НАО*

*«Казахський національний дослідницький технічний університет ім. К.І.Сатпаєва»*

[info@vuzhnoye.com](mailto:info@vuzhnoye.com)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КАУЧУКІВ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВУГЛЕПЛАСТИКУ

**Анотація.** Використання еластомерів дозволяє цілеспрямовано змінювати структуру епоксидних композицій, яка в значній мірі визначає характеристики. Серед відомих особливий інтерес представляють еластомери, такі як силіконові і поліуретанові каучуки. В роботі досліджено вплив поліуретанового та силіконового каучуків в якості модифікаторів підвищення ударної в'язкості епоксидної смоли Етал-Інжект-Т гарячого отвердіння.

**Ключові слова:** вуглепластик, епоксидна смола, модифікатори, рідкі олігомери, ударна в'язкість, стискання, міцність.

**Abstract.** The use of elastomers allows you to purposefully change the structure of epoxy compositions, which largely determines the characteristics. Of particular interest are elastomers, such as silicone and polyurethane rubbers. The effect of polyurethane and silicone rubbers as modifiers of increasing the impact strength of epoxy resin Etal-Inject-T hot curing has been studied.

**Keywords:** Carbon Fiber Reinforced Plastic, Epoxy resin, modifiers, liquid oligomers, impact viscosity, compression, strength.

Сучасна космічна галузь і авіабудування потребують нових сполучних для композитів при виготовленні деталей літаків і космічних апаратів. У зв'язку з цим перспективним направленням є розробка способів модифікації епоксидних смол для отримання, в подальшому, на їх основі полімерів і композитів, які відповідають вимогам міцності. Епоксидні смоли мають обмежене застосування в якості полімерних матриць, так як їх тривимірна зшита структура мережі робить їх крихкими. Це ускладнює їх поглинання і розподіл навантаження. Незважаючи на значну крихкість і твердість епоксидних матеріалів, особливої актуальності набуває задача підвищення їх еластичності при збереженні задовільного рівня інших фізико-механічних характеристик.

В роботі досліджено вплив поліуретанового та силіконового каучуків в якості модифікаторів підвищення ударної в'язкості епоксидної смоли Етал-Інжект-Т гарячого отвердіння. Для визначення міцності вуглепластику на стиск, зразки випробовувалися на універсальній випробувальній машині МУП-200. Ударна міцність вуглепластика визначалася методом Шарпі. Встановлено, що поліуретанові та силіконові каучуки, якісно однаково впливають на властивості епоксидних смол.

При модифікації вуглепластика поліуретановим каучуком зі збільшенням вмісту до 10%, ударна в'язкість вуглепластика максимально збільшується до

215 кДж/м<sup>2</sup>, зі значним збільшенням міцності на стиск до 495 МПа. Оптимальні результати отримані з поліуретановим каучуком при 10% -му вмісті речовини. Основна роль каучуку в підвищенні міцності і пружності матеріалу полягає в тому, що при ударі в малому обсязі вуглепластика концентрується велика механічна енергія. В цьому випадку каучуки є концентраторами напружень, тому тріщина зароджується в ділянці матриці, прилеглої частки еластомеру (каучуку). Підвищення ударної в'язкості матеріалу можна зв'язати з утворенням дисперсної фази каучуку, яка розрихлює структуру затверділої епоксидної смоли.

### Список використаних джерел.

1. Амиров Р.Р., Андрианова К.А., Амирова Л.М., Герасимов А.В. Механические и теплофизические свойства эпоксидных полимеров, модифицированных уретановыми каучуками. Бутлеровские сообщения. – 2012. Т.31. №8. – С. 61-65.
2. Дубкова В.И., Маевская О.И., Жандаров С.Ф. Модифицированные полимерной матрицы углепластика для повышения межфазной адгезионной прочности, деформационно-прочностных свойств и устойчивости к термоокислению. Полимерные материалы и технологии. – 2017. – №4. – С. 19-36.
3. Костягина В.А., Соломонов Л.И., Кравченко Т.П., Горбунова И.Ю. Композиционные материалы на основе термопластов. Успехи в химии и химической технологии. Том XXVI. – 2012. № 4. – С. 11-14.
4. Мараховский К.М., Осипчик В.С., Водовозов Г.А., Папина С.Н. Модификация эпоксидного связующего с повышенными характеристиками для получения композиционных материалов // Успехи в химии и химической технологии. Том XXX, 2016 – N 10. – С. 56-58.
5. Мейірбеков М.Н., Исмаилов М.Б. Влияние каучука на механические свойства эпоксидной смолы и углепластика (Обзор) //Комплексное Использование Минерального Сырья. №1 (312).2020, Алматы, стр. 11-18, ISSN 2224-5243.

*Ю.І. Кривих, старший викладач, Є.О.Овдієнко, аспірант  
Національний університет «Запорізька політехніка»  
[juliya.krivikh@gmail.com](mailto:juliya.krivikh@gmail.com)*

## **ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ КЕРАМІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ В АВІАЦІЙНІЙ ТЕХНІЦІ**

Анотація: Розглянуто покращення робочих параметрів авіаційної техніки за допомогою використання керамічних матеріалів у її складі.

Abstract: The improvement of the operating parameters of aviation equipment by using ceramic materials in its composition is considered.

Ключові слова: авіаційна техніка; керамічні покриття; лопатка; підшипник кочення.

Keywords: aviation equipment; ceramic coatings; blade; rolling bearing.

Одним з методів покращення робочих параметрів та коефіцієнта корисної дії авіаційної техніки є застосування керамічних матеріалів у її складі.

Ці матеріали дозволяють замінити металеві сплави, що вимагають складних систем охолодження, більш легкими з температурою експлуатації 1300–2000°C.

Дуже перспективне застосування цих матеріалів у безпілотних літальних апаратах, що дозволяє зменшити масу електродвигуна, збільшити час і радіус дії.

Також перспективним є створення керамічних радіопрозорих матеріалів.

Аналіз властивостей силікатів та алюмосилікатів показав, що синтез керамічних радіопрозорих матеріалів доцільно здійснювати на основі фаз віллеміту, ганіту, цельзіану, сподумену, кордієриту та славсоніту, які володіють необхідними теплофізичними, діелектричними і механічними характеристиками [1].

Керамічні покриття завдяки низькій теплопровідності дозволяють захистити турбінні лопатки газотурбінних двигунів від дії високих температур та збільшити їх ресурс [2]. Тим самим збільшується і коефіцієнт корисної дії турбіни.

Застосовують керамічні матеріали і для покращення характеристик підшипників кочення. Найбільшого поширення набули гібридні підшипники з кільцями із підшипникових сталей, а тілами кочення – з кераміки.

Гібридні підшипники поширені в медичному обладнанні, вакуумних насосах, космічних апаратах, харчовій та хімічній промисловості та ін. [3].

Але, незважаючи на всі переваги, застосування керамічних матеріалів в авіаційній техніці досліджене мало. Тому вирішення цієї задачі є дуже актуальним.

### **Список використаних джерел**

1. Білогубкіна К. В. Радіопрозорі керамічні матеріали для авіаційної техніки на основі композицій системи  $\text{BaO-ZnO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  / К. В. Білогубкіна, О. Ю. Федоренко, Р. В. Кривобок // Хімічні технології та інженерія : зб. тез. доп. підсумкової наук.-практ. конф., 10-12 квітня 2019 р. – Дніпро : ДВНЗ УДХТУ, 2019.– С. 48-51.
2. Жерздев С. В. Теплозащитные покрытия для лопаток турбин авиационных двигателей (обзор) / С. В. Жерздев, Ю.А. Тамарин. – М.: ВИАМ, 1990. – 128 с.
3. Доценко В.Н./ В.Н. Доценко, С.В. Никитин // Авиационно-космическая техника и технология, 2008. – №8. – С. 138 – 144.

А. О. Кріпак, аспірантка<sup>1</sup>, В. Г. Міщенко, д.т.н., професор<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Запорізький національний університет

<sup>2</sup>Національний університет «Запорізька політехніка»  
[aliona127k@gmail.com](mailto:aliona127k@gmail.com)

## УТВОРЕННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ КАРБІДІВ В ЖАРОМІЦНІЙ СТАЛІ НА ЗАЛІЗОХРОМОНІКЕЛЕВІЙ ОСНОВІ

### Анотація

Розглядається вплив введення карбідоутворюючих елементів на структуру аустенітної сталі на залізохромонікелевій основі. Проведено аналіз структури досліджуваної сталі методом електронної мікроскопії. За результатами дослідження встановлено спеціальні карбіди, які утворені хромом, ніобієм та молібденом.

Ключові слова: карбіди, жароміцність, структура, аустенітна сталь.

### Annotation

*The influence of the introduction of carbide-forming elements on the structure of austenitic steel on a Fe-Cr-Ni base is considered. An analysis of the structure of the studied steel was carried out by the method of electron microscopy. According to the research results, special carbides formed by chromium, niobium and molybdenum were established.*

*Key words: carbides, heat resistance, structure, austenitic steel.*

На спектрограмах, знятих зі сталі 14X17H13KMБч спостерігаються включення як у середині зерна, так і на границях зерен. Дисперсні включення мали розміри близько 80 – 90 нм округлої форми, розміщені на відстані до 100 нм один від одного. Також спостерігали включення неправильної форми, розмірами від 300 до 900 нм на відстані 1500 – 2000 нм один від одного в центрі аустенітного зерна.

Майже всі дрібні включення спеціальних карбідів зосереджені на границях аустенітних зерен сталі 14X17H13KMБч.

Якісний склад включень в аустенітній матриці визначали за допомогою електронної мікроскопії. Встановлені дисперсні карбідні включення, які містили переважно ніобій та вуглець, решта – залізо, хром, молібден та вуглець.

Встановивши відсотковий склад елементів цих включень, було визначено карбіди ніобію, молібдену та складні карбіди хрому.

Субмікроскопічна тонка структура, яку спостерігали на спектрограмі, показує картину дисперсійного твердіння та коагуляцію карбідів на кінцевій стадії термічної обробки – старіння.

### Список використаних джерел

1. Белоус М. В., Браун М. П. Физика металлов. Киев: Вища школа, 1986. 343 с.
2. Kelly A. Strong solids. Oxford: Clarendon press, 1973.
3. Кріпак А. О., Міщенко В. Г. Регресійний аналіз для отримання оптимального хімічного складу жароміцного сплаву. *Матеріали III Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Розвиток сучасної науки та освіти: реалії, проблеми якості, інновації» (30 вересня 2022)*. Запоріжжя: ТДАТУ, 2022. 153–156.

*О.В. Літот<sup>2</sup>, аспірант,  
Т.А. Манько<sup>1</sup>, д.т.н., професор*

*<sup>1</sup>Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

*<sup>2</sup>Державне підприємство «Конструкторське Бюро «Південне» імені М.К. Янгеля  
[kbu.litot@gmail.com](mailto:kbu.litot@gmail.com)*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХНІ ВУГЛЕПЛАСТИКІВ НА ГЕРМЕТИЧНІСТЬ РОЗНІМНИХ З'ЄДНАНЬ В РКТ**

Полімерні композиційні матеріали (ПКМ), і в першу чергу вуглепластики, широко застосовуються в авіаційній і ракетно-космічній галузі при виготовленні силових елементів, термостійких панелей та герметичних оболонок, експлуатація яких вимагає високих параметрів питомої міцності, термостійкості та герметичності. При виготовленні конструкцій паливних баків та випробуваннях в умовах криогенних температур (-196°C), приведені вище параметри повинні забезпечуватися при довготривалому впливі компонентів палива ракети-носія. Також суттєво впливає на герметичність конструктивне виконання роз'ємних з'єднань. Це зумовлене високою різницею коефіцієнтів лінійного температурного розширення матеріалу елементів, що знаходяться в контакті, матеріалу ущільнення, а також шорсткості їх поверхонь.

Проведені експерименти та структурний аналіз поверхні виконували на зразках конструкцій з вуглепластика. Встановлено, що при впливі криогенного середовища виникають мікроструктурні пошкодження поверхні та приведені технологічні рекомендації щодо їх усунення.

Прийняті рішення дозволили забезпечити герметичність конструкції, як в умовах криогенних температур, так і при перевірці гелієм.



*І.Г. Лук'яненко, студент. Т.А. Манько, д.т.н., професор  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[iponer@ukr.net](mailto:iponer@ukr.net)*

## **ВИГОТОВЛЕННЯ СТЕНДУ ДЛЯ ВІДПРАЦЮВАННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ СУБОРБІТАЛЬНИХ РАКЕТ НАДЛЕГКОГО КЛАСУ**

**Анотація:** Сьогодні існує затребуваність вітчизняними виробниками надлегких ракет різного призначення систем керування польотом таких виробів. Розглянуто та проаналізовано літературу стосовно стендів відпрацювання системи керування. Згідно з переглянутої літератури, було спроектовано, виготовлено і введено в експлуатацію стендового обладнання у вигляді центрифуги.

**Annotation:** Today, there is a demand for flight control systems of such products by domestic manufacturers of ultralight missiles of various purposes. The literature on control system testing stands was reviewed and analyzed. Bench equipment in the form of a centrifuge was developed, manufactured and put into operation.

Ключові слова: *Стенд, система керування, суборбітальна ракета, контроль польоту, центрифуга, лінійне прискорення*

*Keywords: Inspection stand, control system, suborbital rocket, flight control, centrifuge, linear acceleration*

Враховуючи відсутність пропозицій щодо виробництва таких систем, вартість їх компонентів, надзвичайно актуальними стають питання не тільки проектування систем керування і їх виготовлення, але й створення в Україні виробничо-експериментальної бази для стендового відпрацювання систем керування ракет надлегкого класу. Було виготовлено стенд, який призначено для завдання лінійних прискорень під час випробування виробів на вплив постійних лінійних прискорень. При розробці конструкції стенду враховувалися такі умови як собівартість виготовлення, забезпечення необхідних навантажень, які діють на об'єкт випробування, зниження енерговитрат та легкість обслуговування та взаємозамінність елементів конструкції. В основу способу відтворення постійного лінійного прискорення покладено принцип центрифуги. На установочному гнізді ротаційної балки, що обертається в підшипниковому вузлі з кутовою швидкістю, закріплений досліджуваний прилад. При обертальному русі тіла з кутовою швидкістю  $\omega$  у точці, віддаленій на відстані  $R$  від центру обертання, виникає доцентрове прискорення  $\omega$ . Працездатність стенду було перевірено за допомогою макета ракети, який розігнали до швидкості в 80 обертів за хвилину, що дало навантаження в 100g, яке в свою чергу являється максимально наближеним до польотних умов суборбітальних ракет надлегкого класу.

У.В. Підковинська, аспірантка<sup>1</sup>, В.А. Савченко, к.т.н., доцент<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Національний університет «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> Національний університет «Запорізька політехніка»

[uliana.pidkovynska@gmail.com](mailto:uliana.pidkovynska@gmail.com)

## ВПЛИВ ДІОКСИДУ КРЕМНІЮ НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІМЕРНОЇ МАТРИЦІ

Анотація. В роботі досліджувався вплив модифікування діоксидом кремнію ( $\text{SiO}_2$ ) у різних кількостях на підвищення механічних властивостей полімерної матриці на основі епоксидної смоли “Royal Resin” Epoxy resin, chrystal польського виробництва.

Abstract. The paper presents the process of modifying a polymer matrix with silicon dioxide ( $\text{SiO}_2$ ) to increase mechanical properties. Different amounts of silica were selected to analyze the mechanical properties of the epoxy resin “Royal Resin” Epoxy resin (Polish).

Ключові слова: полімер; композитна матриця; епоксидна смола; модифікування; діоксид кремнію

Key words: polymer; composite matrix; epoxy resin; modification; silica

На сьогоднішній день відоме широке використання діоксиду кремнію для покращення механічних властивостей різних видів полімерів. Так, у роботі [1] на прикладі поліаміду ПА-6 було встановлено, що введення до нього від 4% до 5 % діоксиду кремнію значно підвищують показники міцності та модуля Юнга. В статті [2] діоксид кремнію використовується як армуючий наповнювач в полімерних матеріалах, які застосовуються для виготовлення ортодонтичних протезів. В роботі [3] були проведені дослідження впливу діоксида кремнію обробленого силозаном Aerosil R812 на модуль пружності декількох марок епоксидної смоли. В результаті можна побачити, що введення 20 мас.%  $\text{SiO}_2$  призводило до збільшення на 30% модуля пружності полімерних матриць при згинанні.

В проведеній роботі було визначено оптимальну кількість модифікатора  $\text{SiO}_2$  1% для підвищення механічних властивостей полімерної матриці на основі епоксидної смоли марки “Royal Resin” Epoxy resin, chrystal польського виробництва, а саме - показників міцності при розтягуванні з 42,3 МПа до 53.6 МПа та при згинанні з 46,9 МПа до 88,3 МПа.

### Список використаних джерел

1. Hafshejani M.K., M. Khazaei, A. Langari, Life Science Journal. – V. 10. - № 4. – PP. 3593-3596. (2013).
2. Andreas F., Martin R., Rupert F., Dieter M., European Journal of Orthodontics 29 (2007) 304–309
3. О.А. Москалюк, 2А.М. Самсонов, 1И.В. Семенова, 1, В.Е. Смирнова, 2В.Е. Юдин 2. Механические свойства полимерных композитов с наночастицами диоксида кремния.- Журнал технической физики, 2017, том 87, вып. 2

*К.Г. Седачова, аспірант, Т.А. Манько, д.т.н., професор  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[sedachova.katerina@gmail.com](mailto:sedachova.katerina@gmail.com)*

## **ЗАСТОСУВАННЯ СКЛОПЛАСТИКІВ У ВИРОБАХ РАКЕТНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ**

Анотація: В роботі розглянуто тверднення виробу зі склопластику з використанням інфрачервоного випромінювання. Це дозволило підвищити фізико-механічні властивості композиту та інтенсифікувати процес.

Abstract: The article deals with the hardening of fiberglass products using infrared radiation. This made it possible to increase the physical and mechanical properties of the composite and intensify the process.

Ключові слова: полімер, склопластик, інфрачервоне випромінювання, тверднення композиції

Keywords: polymer, fiberglass, infrared radiation, hardening of the composition

Одним із перспективних композиційних матеріалів, які широко використовуються в ракетно-космічній техніці, є склопластики. Вони характеризуються високою міцністю, мають низьку питому вагу та володіють радіопрозорістю.

Тому в даний час їх використання найбільш актуальне при виготовленні безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Виникає необхідність розробки сучасних технологій виробництва таких конструкцій.

В залежності від типу виробництва технологія виготовлення БПЛА також різна. Одним із сучасних методів є формування виробів викладкою просоченого зв'язуючим пакета в вакуумному мішку. Такий пакет представляє собою тришарову конструкцію – один тонкий шар, до 1 мм склопластику, наповнювач та другий тонкий шар, також 1 мм склопластика.

Далі відбувається процес тверднення конструкції, це довготривалий нагрів в печах за рахунок явища конвекції. Тому, з метою інтенсифікації процесу тверднення його виконують застосуванням інфрачервоних джерел нагріву. Для цього застосовують галогенні лампи розжарювання КГТ-220-1. Це дозволяє отримати склопластики з високими фізико-механічними характеристиками.

Наведено механізми, що відбуваються в матеріалах.

### **Список використаних джерел**

1. Полімерні композиційні матеріали в ракетно – космічній техніці: Підручник / С. О. Джур, Л. Д. Кучма, Т. А. Манько та ін. – К.:Вища освіта, 2003. – 399 с.
2. Технологія виробництва ракетно-космічних літальних апаратів [Текст]: підручник / Ю. С. Алексеев, О. Є. Джур, О. В. Кулик, Л. Д. Кучма, Є. Ю. Ніколенко, В. В. Хуторний: Дніпропетровськ АРТ-ПРЕС, 2007. – 480с.
3. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2021. – Випуск 5(130) – 120 с. Т. А. Манько, К. Г. Седачова, Х. В. Козіс “Селективний метод тверднення епоксидних сполучників для створення тонкостінних високоміцних конструкцій” ст 74-79

Д.М. Тонконог, аспірант<sup>1</sup>, В.Г. Міщенко, д.т.н., професор<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Запорізький національний університет

<sup>2</sup>Національний університет «Запорізька політехніка»  
[tonkonohd@gmail.com](mailto:tonkonohd@gmail.com)

## ОСОБЛИВОСТІ ХІМІКО-ТЕРМІЧОГО ОБРОБЛЕННЯ ВТОРИННОТВЕРДЮЧОЇ ЦЕМЕНТОВАНОЇ СТАЛІ 09ХЗНМЗФБЧ

Дотепер в авіаційній галузі для виробництва зубчастих коліс та вальниць авіаційних редукторів застосовували сталі з поверхневим хіміко-термічним обробленням (ХТО): 14ХН2МГСА (ДИ-3А), 16ХЗНВМФБ (ВКС-5), 13ХЗНВМ2Ф (ВКС-4), 13ХЗНЗМ2ВФБ (ВКС-10), М50NiL тощо [1,2].

Вище наведені сталі піддають хіміко-термічному та термічному обробленню за різними режимами для отримання необхідних механічних та службових властивостей: серцевини з твердістю не більше 43 HRC, зміцненого шару із твердістю 59-61 HRC та ударної в'язкості KCU в межах  $0,5-1 \frac{\text{МДж}}{\text{М}^2}$

За структурою і властивостями сталі поділяють на 2 групи – ХТО і ТО на первинне та вторинне твердіння. Одним з найважливіших параметрів структуроутворення вториннотвердіючих сталей є наявність в їхньому складі підвищеної кількості аустенітоутворювальних елементів, що впливає на складність та тривалість циклів термічного оброблення, для зменшення кількості залишкового аустеніту в дифузійному шарі до рівня 5-10%. Сталь 09ХЗНМЗФБч в порівнянні з аналогами має меншу концентрацію аустенітоутворювальних елементів, та меншу тривалість термічного оброблення: цементація при температурі 1020-1030 °С та охолодження безпосередньо з цементаційного нагріву в оливі з наступним трикратним відпуском при температурі 530 °С.

Розроблена сталь 09ХЗНМЗФБч має перевагу над аналогами не тільки підвищеними службовими властивостями, але й спрощеною технологією оброблення.

### Список використаних джерел

1. Пат. 108582 Україна, МПК С22С38/44, С22С38/46, С22С38/48. Цементована сталь / Міщенко В. Г., Панченко О. І., Лютий О. П., Єдинович А. Б., Меняйло О. І., Милосердов О. Б., Олійников В. І.; заявник і патентовласник Запорізький національний університет. – № а201404953; заявл. 12.05.2014; опубл. 12.05.2015, Бюл. № 9.
2. Лазечний І., Лисиця О., Міщенко В., Сніжної В., Сніжної Г. Перетворення аустеніту в цементованій сталі 13ХЗНВМ2Ф. *Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні*. 2011. № 2. С. 47–52.
3. Лазечный И., Банас И. Формирование при ХТО структуры и свойств цементуемых сталей различной теплостойкости. *Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні*. 2005. № 1. С. 37-44.

# **ТРАНСПОРТНО-КОСМІЧНІ СИСТЕМИ: ПРОЕКТУВАННЯ, КОНСТРУЮВАННЯ ТА НАДІЙНІСТЬ**

**Перлик Віктор Іванович**

доктор технічних наук

**Пошивалов Володимир Павлович**

доктор технічних наук, професор

**Гладкий Едуард Григорович**

доктор технічних наук

**Колоскова Ганна Миколаївна**

кандидат технічних наук, доцент

*Є.С. Болюбаш, аспірант, начальник групи  
Державне підприємство  
«КБ «Південне» ім. М.К. Янгеля,  
[jenvab@i.ua](mailto:jenvab@i.ua)*

## **ЗМЕНШЕННЯ ЗОНИ МОЖЛИВОГО ПАДІННЯ АВАРІЙНИХ РН ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ РОЗДІЛЕННЯ РАКЕТНО- КОСМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ОСНАЩЕНИХ ПІРОТЕХНІЧНИМИ ПРИСТРОЯМИ**

**Анотація.** Приведені дані по аварійним ситуаціям при пусках РН. Описано шляхи зменшення наслідків аварійних ситуацій. Запропоновано використання систем розділення ракетно-космічних елементів за допомогою піротехнічних пристроїв.

**Ключові слова:** Системи розділення, піротехнічні пристрої розділення, аварійні ситуації.

**Annotation.** The data on emergencies during LV launches are given. Ways to reduce the consequences of emergency situations are described. The use of systems for separating rocket-space elements using pyrotechnic devices is proposed.

**Key words:** Separation systems, pyrotechnic separation devices, emergency situations.

Освоєння космосу дозволяє людству вести наукові спостереження за допомогою супутників, які забезпечують точні вимірювання температури океанів, землі, атмосфери, моніторинг лісових пожеж, відстеження рівню світового океану тощо [1]. Для доставки супутників, та іншої наукової апаратури в космічний простір - використовуються ракети-носії (РН). Наразі ракети-носії мають високу надійність, але все ще трапляються аварійні ситуації при їх запуску. Так, згідно даних [2], за весь **2021 рік** було здійснено **145** космічних запусків, з них **10** невдалих.

Аварійні ситуації при пуску РН призводять до забруднення довкілля компонентами палива, а уламки, що падають є потенційно небезпечними і призводять до жертв серед населення, знищенню інфраструктури тощо. Для зниження масштабів аварій необхідно зменшити зони можливого падіння аварійних РН за рахунок введення примусового вимкнення двигуна, скидання тиску з ємностей із стисненими газами, розтину баків для викиду і розпилення компонентів ракетного палива, що залишилися на борту, поділу РН на менші фрагменти тощо. Для цього пропонується використовувати системи розділення ракетно-космічних елементів в яких використовується піротехнічні пристрої. Вони відповідають наступним вимогам: мають високу надійність розділення перепони, невелику вартість, невеликі габаритні розміри, малу вагу конструкції, здійснюють миттєвий поділ перепони, працюють в режимі очікування без періодичного технічного обслуговування системи тощо [3]; а отже виконують поставлену задачу якнайкраще.

### **Список використаних джерел**

1. Як космічна наука може допомогти нам боротися зі зміною клімату: [www.ukri.org](http://www.ukri.org)
2. Список космічних запусків у 2021 році: [wikipedia.org](http://wikipedia.org)
3. Кумулятивний ефект та його використання для розділення ракетно-космічних елементів за допомогою піротехнічних пристроїв. Є.С. Болюбаш / Матеріали XVII наукових читань «Дніпровська орбіта – 2022» (26–28 жовтня). Дніпро 2022. – 263с.

*М. Д. Тубольцев, студент, А. В. Шапов, викладач  
Фаховий коледж ракето-космічного машинобудування  
Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара  
[max.tubol@gmail.com](mailto:max.tubol@gmail.com)*

## **ПРОЕКТ ЛІТАКА ТИПУ ЛІТАЮЧЕ КРИЛО З ВЕРТИКАЛЬНИМ ЗЛІТОМ**

Анотація: Перспектива використання літаків з вертикальним злітом.

Abstract: The perspective of using aircraft with vertical take-off.

Ключові слова: літак, зліт, літаюче крило

Keywords: plane, takeoff, flying wing

Проблема вертикального зліту літальних апаратів цікавить конструкторів по всьому світу вже не перший рік. Найуспішніша модель такого типу – це AV-8A Harrier. Перше покоління розроблено в 1960-х роках, «Гаррієр» став першим у світі серійним літаком вертикального злету та приземлення.

Такий спосіб зняття у повітря вирішив більш докучну проблему, ніж зліт з будь-якої ділянки, цей спосіб дає змогу заховати літаки будь-де, що унеможливує їх знаходження і знищення.

Пропоную концепт літака, по аеродинамічній схемі "Літаюче крило". "Літаюче крило" вважається однією з найперспективніших конфігурацій для перспективних дозвукових літаків пасажирської та вантажної авіації. Її основна перевага — можливість отримати високу аеродинамічну якість та кардинально зменшити шум на місцевості шляхом екранування двигунів елементами планера, а також покращення питомих характеристик повітряного судна, включаючи аеродинаміку, вагу та споживання палива.

Пропоную літак, з трьома реактивними двигунами, які встановлені на шарніри. Один двигун знаходиться у корпусі, та дістається тільки піч час зльоту. Інші два двигуна знаходяться на крилі. Таким чином двигуни утворюють між собою трикутник, який забезпечує вертикальний зліт, та допомагають тримати вертикаль літаку. Після зльоту літак може здійснювати керування завдяки руху двигунів, а не завдяки елеронам.

В підсумку ми отримуємо реактивний бомбардувальник, який з легкістю пролітає крізь ПВО, з можливістю вертикального зліту з будь якої місцевості, та посадки в будь-яку місцевість. Справжній хижак, з'являється з пустого місця, і так само зникає.

### **Список використаних джерел**

1. <http://www.ato.ru/content/letayushchee-krylo-netradicijnoj-komponovki-issleduyut-v-cagi>
2. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%BA-38>
3. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Northrop\\_B-2\\_Spirit](https://ru.wikipedia.org/wiki/Northrop_B-2_Spirit)
4. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Hawker\\_Siddeley\\_Harrier](https://uk.wikipedia.org/wiki/Hawker_Siddeley_Harrier)

*В.О. Хомяк, провідний інженер,  
А. І. Логвиненко, к.т.н. головний науковий співробітник  
Державне підприємство  
«Конструкторське бюро «Південне» ім. М.К. Янгеля»  
[Khomyakva@gmail.com](mailto:Khomyakva@gmail.com)*

## ГОЛОВНІ НАПРЯМКИ ПЕРСПЕКТИВНОГО РОЗВИТКУ СИСТЕМ НАДДУВАННЯ ПАЛИВНИХ БАКІВ РН

**Анотація.** Проведено аналіз сучасного досвіду, як світового, так і вітчизняного ракетобудування, в частині розробки СН, зроблено їх класифікацію, відзначені особливості експлуатації з урахуванням режиму роботи рушійної установки і т.і.

Розглянуто найбільш цікаві з точки зору проектно-конструкторських рішень деякі варіанти систем наддування РН, які працюють на різних компонентах палива. Розглянуто їх особливості, виділено переваги та недоліки.

**Ключові слова:** система наддування, пневмогідрравлічна система подачі, рушійна установка.

**Annotation.** Analysis of the modern experience of both world and domestic rocket engineering in the development of pressurization systems was carried out, their classification was made, the peculiarities of operation were noted, taking into account the mode of operation of the propulsion system, etc.

The most interesting from the point of view of design and construction solutions are considered some variants of pressurization system charging systems that work on different fuel components. Their features are considered, advantages and disadvantages are highlighted.

**Keywords:** pressurization system, pneumo-hydraulic supply system, propulsion system.

Система наддування паливних баків ракет носіїв (РН) являє собою одну з найважливіших та відповідальних підсистем пневмогідрравлічної системи подачі (ПГСП) компонентів палива в рушійну установку.

Параметри системи наддування (СН) паливних баків мають вагомий вплив на енерго-масові характеристики РН та займають одне з важливих місць, які визначають ступінь працездатності та надійності РН в цілому. Головна їх задача полягає в забезпеченні необхідного тиску в баках, на вході в рушійну установку, а також виконання вимог міцності та стійкості конструкції баків.

Проведено аналіз сучасного досвіду, як світового, так і вітчизняного ракетобудування, в частині розробки СН, зроблено їх класифікацію, відзначені особливості експлуатації з урахуванням режиму роботи рушійної установки і т.і.

Розглянуто найбільш цікаві з точки зору проектно-конструкторських рішень деякі варіанти систем наддування РН, які працюють на різних компонентах палива. Розглянуто їх особливості, виділено переваги та недоліки.

Проведено комплексний аналіз ефективності різних типів СН, показані граничні умови їх використання та доцільність застосування.



### Список використаних джерел

1. Беляев Н. М. Расчет пневмо-гидравлических систем ракет. Машиностроение, М., 1983, – 224 с.
2. Кобелев В. Н., Милованов А. Г. Средства выведения космических аппаратов. Рестарт, М., 2009 – 528 с.
3. Pressurization systems NASA/SP-8112, 1975 – P. 117
4. Аверин И. Н. Особенности построения, экспериментальной отработки и эксплуатации двигательной установки разгонного блока ДМ-SL комплекса «Морской старт» и пути ее дальнейшего совершенствования / И. Н. Аверин, А. М. Егоров, Н. Н. Тупицын // Космическая техника и технологии №2 (5), 2014, С. – 62 – 73.

# **ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ В РАКЕТНІЙ ТЕХНІЦІ**

**Варгалюк Віктор Федорович**  
доктор хімічних наук, професор

## **ВПЛИВ ОРГАНІЧНИХ КИСЛОТ НА ПРОЦЕС ЕЛЕКТРООСАДЖЕННЯ КОБАЛЬТА**

Сукупність цінних фізико-хімічних та механічних властивостей кобальтових покриттів (твердість, корозійна стійкість, магнетизм) зумовлює їх широке використання в пристроях спеціального призначення для авіаційної та космічної техніки.

Найбільш поширеним методом отримання кобальтових плівок є гальванічне осадження з водних розчинів. Цьому сприяє дешевизна вихідних матеріалів та простота технологічного обладнання. Однак, за рахунок того, що стандартний потенціал реакції  $\text{Co(II)} + 2e = \text{Co}$  є більш негативною величиною відносно реакції виділення водню, існує дві проблеми: проникнення водню в матрицю катодного осаду та забруднення його оксидно-гідроксидними сполуками кобальта.

Для усунення цих негативних факторів в робочий розчин вводять різноманітні добавки. Так, у певній мірі гідроксидоутворення вдається подавити за рахунок створення в електроліті буферного середовища, а наводнення - використанням відповідних інгібіторів. Це за своєю природою абсолютно різні речовини і тому вони по різному діють на кінцеву важливу стадію - кристалізацію атомів кобальту, а значить - на властивості покриття.

Ми дослідили можливість використання у якості універсальної добавки ненасиченої органічної кислоти. Об'єктом дослідження обрали акрилову кислоту, яка має підходящий для кобальта буферний діапазон рН, та здатність поглинати адсорбований водень своїм винільним фрагментом.

Базовим електролітом слугував розчин кобальту(II) сульфату на фоні натрію сульфату. Для висвітлення впливу ненасиченої кислоти, досліди проводили також з її насиченим аналогом - пропіоновою кислотою.

Отримані поляризаційні залежності катодного виділення кобальту у присутності акрилової та пропіонової кислот мають суттєві відмінності. В акрилатному електроліті в діапазоні потенціалів від 0.0 до 0.5В спостерігається "воднева" хвиля помітної висоти (до 10 мА/см<sup>2</sup>), яка відсутня у пропіонатних розчинах. Це вказує на реалізацію активної взаємодії молекул акрилової кислоти з хемосорбованими атомами водню.

Хвилі виділення кобальту в означених розчинах співпадають за потенціалами (від -0.7 до -1.5В), але мають різну висоту: 75 мА/см<sup>2</sup> в акрилатному розчині і 55 мА/см<sup>2</sup> в пропіонатному. З одного боку, це вказує на більшу продуктивність катодного процесу в акрилатному електроліті, а, з другого - на зменшення виходу за струмом реакції  $\text{Co(II)} + 2e = \text{Co}$ .

Дослідження структури кобальтових покриттів не виявило різниці між осадами, виділеними з акрилатного та пропіонатного електролітів.

Комплексний розгляд дії акрилової кислоти на електроосадження кобальту свідчить про перспективність використання ненасичених органічних кислот у якості універсальної добавки, здатної регулювати не тільки йонні рівноваги в об'ємі електроліту, а й ефективно впливати на хімічні, електрохімічні та кристалізаційні стадії реакції  $\text{Co(II)} + 2e = \text{Co}$ .

Ю. Д. Курасова, аспірантка, В. А. Полонський, к.х.н., доцент,  
В. Ф. Варгалюк, д.х.н., професор  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[protactinium91.jk@gmail.com](mailto:protactinium91.jk@gmail.com)

## ОСОБЛИВОСТІ ЕЛЕКТРОННОЇ БУДОВИ ХЛОРИДНИХ АЦИДОАКВАКОМПЛЕКСІВ $\text{Cu}^{2+}$ З ДЕЯКИМИ ОРГАНІЧНИМИ КИСЛОТАМИ

Анотація: В роботі розглянута можливість координації іонів  $\text{Cu}^{2+}$  з хлорид-аніоном та монозаміщеними аніонами органічних кислот, а також показані деякі особливості зв'язування центрального іона з аніонами кислот (L) та хлорид-аніону. The paper considers the possibility of coordination of  $\text{Cu}^{2+}$  ions with chloride anion and monosubstituted anions of organic acids, and also shows some features of binding of the central ion with anions of acids (L) and chloride anion.

Ключові слова:  $\pi$ -комплекси купруму, органічні кислоти, квантово-хімічне моделювання, copper  $\pi$ -complexes, organic acids, quantum chemical modeling.

Ацидокомплекси купруму здатні виявляти бактерицидні властивості [1] та за рахунок низької вартості, конкурують з відповідними препаратами на основі срібла. При цьому доповнюючи такі сполуки аніонами хлору, з'являється можливість за рахунок своєї полідентатності формувати стійкі поліядерні структури [2]. В якості органічного ліганду були використані такі насичені та ненасичені органічні кислоти, як: малінова, янтарна, мурашина, оцтова, пропіонова, бутанова, акрилова, фумарова, малеїнова. Методика проведення квантово-хімічних розрахунків наведена в роботі [1]. Були змодельовані та проаналізовані кластери  $[\text{Cu}^{2+}(\text{Cl}^-)(\text{H}_2\text{O})_n](4-n)\text{H}_2\text{O}$  та  $[\text{Cu}^{2+}(\text{L}^-)(\text{Cl}^-)(\text{H}_2\text{O})_{n-1}](3-n)\text{H}_2\text{O}$  на предмет вивчення впливу аніону  $\text{Cl}^-$  на електронну будову комплексу. Показано, що значення енергії зв'язування фрагменту  $\text{Cu}^{2+}-\text{Cl}^-$  комплексу з аніонами насичених кислот становить  $55 \pm 2\%$  кДж/моль і вона майже вдвічі ( $95 \pm 2\%$  кДж/моль) збільшується в присутності аніонів ненасичених кислот. Введення хлорид іонів в ацидоаквакомплекси  $\text{Cu}^{2+}$  незначним чином впливає на енергію зв'язку  $\text{Cu}-\text{L}$ . У випадку аніонів насичених кислот енергія зв'язування знаходиться в інтервалі 2–8 кДж/моль. Енергія зв'язування аніонів ненасичених кислот помітно зменшується і знаходиться в інтервалі 14–23 кДж/моль. Також показано, що у присутності аніонів ненасичених кислот енергетичний ефект реакції досягає  $-62$  кДж/моль у присутності іонів фумарової кислоти.

### Список використаних джерел

1. Сливка Ю.  $\pi$ -комплекси купрум(І)хлориду та купрум(І)перхлорату з 2-алілтіо-5-метил-1,3,4-тіадазолом: синтез та кристалічна будова / Ю. Сливка // Вісник Львівського унів-ту. – 2019. – Т. 60, № 1. – С. 155–162.
2. Microbiological properties of copper-based dispersion obtained by cathode precipitation in the presence of acrylic acid / V. F. Vargalyuk, V. A. Polonsky, O. S. Stets, N. V. Stets, A. I. Shchukin // Bulletin of Dnipropetrovsk University. Series: Chemistry. – 2014. – Vol. 22, no. 2. – P. 47–51.
3. Features of ( $d\pi-p\pi$ )-binding of Cu(I) ions with acrylic, maleic and fumaric acids in aqueous solution / V. F. Vargalyuk, Y. S. Osokin, V. A. Polonsky, V. N. Glushkov // Journal of Chemistry and Technologies. – 2019. – Vol. 27. – P. 148–157.

*І. М. Кучай, аспірант, В. Ф. Варгалюк, д.х.н., професор,  
К.А. Плясовська, к.х.н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[dr.ihor.kuchai@gmail.com](mailto:dr.ihor.kuchai@gmail.com)*

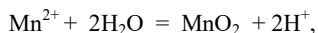
## ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ СИНТЕЗ КОМПОЗИТНИХ ПЛІВОК НА ОСНОВІ МАНГАН (IV) ДІОКСИДУ

Діоксид мангану у вигляді тих, чи інших композиційних матеріалах широко використовується в різноманітних системах. В останній час особливої актуальності набула перспектива його використання в акумуляторах електричної енергії та суперконденсаторах.

На практиці застосовуються різні за природою способи отримання плівок  $\text{MnO}_2$  і у вигляді індивідуального оксиду, і у вигляді композиту. Серед них найбільш вдалою слід вважати електрохімічну технологію, яка ґрунтується на процесі анодного окиснення  $\text{Mn}^{2+}$  йонів.

Оскільки нанесення якісної плівки на електропровідну матрицю можливе тільки з електролітів, що містять карбонові кислоти, ми дослідили розчини солей  $\text{Mn}^{2+}$  з аніонами органічних насичених кислот (оцтова, пропіонова) і ненасичених кислот (акрилова, малеїнова).

Враховуючи те, що під час електролізу концентрація йонів мангану зменшується, нами було опрацьоване питання корегування складу робочого електроліту. Згідно загального рівняння, яке є сумою катодного і анодного процесів



виділення одного моль манган(IV) діоксиду відповідає вилученню із розчину одного моль  $\text{Mn}^{2+}$  йонів і утворенню двох моль йонів гідроксонію.

Підтримка рівня кислотності електроліта забезпечується буферною сумішшю органічної кислоти з її натрієвою сіллю.

Було встановлено, що корегування розчину по  $\text{Mn}^{2+}$  йонам доцільно проводити після зменшення їх концентрації на 20%, а у якості реагента – використовувати суспензію  $\text{Mn}(\text{OH})_2$  із розрахунку 1,3 г сухої речовини на кожен 1 А·год/л.

Порівняння плівок манган(IV) діоксиду, отриманих з електролітів на основі насичених і, окремо, ненасичених органічних кислот, показало, що у першому варіанті на поверхні анода формується рихла нестійка структура.

У другому варіанті ми отримали високоякісні щільні плівки, здатні тривалий час зберігати робочі параметри при навантаженні їх електричним струмом.

### Список використаних джерел

1. Сплав Pb-Sn з добавками сполук титану / А.Г. Пашина, А.Я. Ріттер, К.А. Плясовська, В.Ф. Варгалюк. // Матеріали II всеукраїнської наукової конференції «Теоретичні та експериментальні аспекти сучасної хімії та матеріалів» 10 квітня 2018, Дніпро. – С. 71.
2. Головки Д. А. Самоактивация оловянного электрода, модифицированной анодной обработкой в щелочном растворе / Д. А. Головки, Е. А. Беляновская // Вопросы химии и химической технологии. – 1999. – № 1. – С. 84 – 86.

*І. М. Кучай, аспірант, Л. О. Омелянчик, д.фарм.н., професор  
Запорізький національний університет  
[dr.ihor.kuchai@gmail.com](mailto:dr.ihor.kuchai@gmail.com)*

## БАЗОВІ ТЕОРЕТИЧНІ МОДЕЛІ ОЦІНКИ ЛІПОФІЛЬНОСТІ ПОХІДНИХ АДАМАНТАНУ

Відомо, що ліпофільність (гідрофобність) є одним з найважливіших показником потенціальної біологічної активності органічних сполук та лікарських засобів, що впливає на їх фармакокінетичну поведінку, а, отже, на проникність через біологічні бар'єри, зокрема ГЕБ. В цілому ліпофільність оцінюють за розподілом речовини між неполярною (н-октанол) та полярною (вода) фазами й виражають як  $P$  (коефіцієнт розподілу) або як його десятковий логарифм ( $\log P \equiv \lg P$ ). Для експериментального визначення  $\log P$  використовують метод струшування екстракційної колби, а також широко застосовуються для прямого й непрямого визначення ліпофільності методи ВЕРХ (HPLC), як класичне ізотропне визначення, так і анізотропна оцінка  $\log P$ . [1]

Для похідних адамантану ліпофільність або  $\log P$  у системі 1-октанол–вода визначається виразом:

$$\log P = \log \frac{C(Ad - R)_{\text{н-октанол}}}{C(Ad - R)_{\text{вода}}} = \log C(Ad - R)_{\text{н-октанол}} - \log C(Ad - R)_{\text{вода}}$$

Похідні адамантану за рахунок насиченого трициклічно-карбоциклічного місткового поліедрального каркасу високоліпофільної природи мають значення  $\log P > 0$  ( $P > 1$ ) й за «правилом п'яти» Ліпінського біологічну активність можуть проявляти ті адамантан-заміщені сполуки у яких  $\log P < 5$ .

Для оцінки ліпофільності замісника щодо базової структури адамантану й характеристики його внеску в загальну ліпофільність зручно використовувати константи ліпофільності замісників Hansch-Fujita, які можна отримати з відповідного аналога рівняння Гамета:

$$\begin{aligned} & \log \frac{P(Ad - R)_{\text{X-заміщене похідне}}}{P(Ad)_{\text{незаміщена молекула}}} \\ &= \log P(Ad - R)_{\text{X-заміщене похідне}} - \log P(Ad)_{\text{незаміщена молекула}} \\ &= \pi \cdot \rho_{\text{X-заміщене похідне}} \end{aligned}$$

Сумарну ліпофільність полізаміщеного похідного виражається через ліпофільність адамантану (базової молекули) й ліпофільність замісників:

$$\log P_{\Sigma} = \log P(Ad)_{\text{незаміщена молекула}} + \sum_{X=1}^N \pi_{\text{X-заміщене похідне}}$$

З урахуванням того, що ряд похідних адамантану можуть іонізуватися в розчині, при цьому значення  $pK$  сполук можуть значно відрізнятись. В цьому випадку замість  $\log P$  коректніше використовувати параметр  $\log D$ , який відповідає розподілу речовини між *n*-октанолом та водним буфером з певним значенням  $pH$ . Тобто розподіл між незмішуваними фазами залежить від  $pK$  адамантанового похідного та  $pH$  середовища. Тобто заміна  $\log P$  для похідного, що має кислотний характер має вираз [2]:

$$\log D_a = \log P - \log(1 + 10^{pH-pK})$$

Якщо ж похідне адамантану має в розчині основний характер, то вираз має наступний вигляд:

$$\log D_b = \log P - \log(1 + 10^{-pH+pK})$$

#### Список використаних джерел

1. Liquid Chromatography on the Different Methods for the Determination of Lipophilicity: An Essential Analytical Tool in Medical Chemistry // J. Soares, A. Santos. – 2022, 10, 340.
2. Орлов В., Ліпсон В. // Медична хімія. Харків: 2005. – 461с.

*Н.В. Стець, к.х.н, доц. О.В. Лагута, аспірант, В.Ф. Варгалюк, д.х.н, професор, В.А. Полонський, к.х.н, доцент*  
Дніровський національний університет ім. Олеса Гончара  
[alexandr.banshee@gmail.com](mailto:alexandr.banshee@gmail.com)

## СИНТЕЗ ТА ВЛАСТИВОСТІ МІДЬВМІСНИХ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ МАЛЕЇНАТНИХ КОМПЛЕКСІВ КУПРУМУ (I)

В [1] нами було показано, що при відновленні йонів купруму (II) металевим цинком у присутності малеїнової кислоти можна отримати у якості кінцевого продукта або малеїнатний комплекс купруму (I), коли молярне співвідношення реагентів  $n\text{Cu(II)}:n\text{Zn}>2$ , або суміш цього комплексу з атомарною міддю, коли  $n\text{Cu(II)}:n\text{Zn}<2$ .

Оскільки, за результатами квантово-хімічних розрахунків [2] атоми купруму (0) здатні навіть у водному середовищі утворювати стійкі комплекси з ненасиченими органічними кислотами, передбачалось, що у випадку  $n\text{Cu(II)}:n\text{Zn}<2$  виділиться суміш малеїнатних комплексів купруму (I) і купруму (0).

Детальний хімічний аналіз кінцевого продукту показав, що в ньому відсутні комплекси  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{M})(\text{H}_2\text{O})]$ . Таким чином, логічно було прийти висновку про агрегацію атомарної міді до стану металевої дисперсії. Однак, вказане припущення також не отримало експериментального підтвердження. Композит виявився рентгеноаморфним.

Це дозволило обрати у якості робочого варіанту версію щодо утворення при  $n\text{Cu(II)}:n\text{Zn}<2$  композиту  $[\text{Cu}(\text{HM})(\text{H}_2\text{O})]_x\text{Cu}$ , у якому до молекул  $[\text{Cu}(\text{HM})(\text{H}_2\text{O})]$  приєднана певна кількість атомів міді.

Така модель адекватно пояснює монотонний характер зміни рівноважної концентрації малеїнатних комплексів купруму (I) над суспензією композиту в залежності від вмісту в ньому атомарної міді  $X=n\text{Cu(0)}/n\text{Cu(I)}$ , а також задовільно пояснює і характер різкої зміни бактерицидних властивостей композитів при  $X>1$ . Так, в інтервалі  $X=0-1.0$  кількості колонієутворюючих одиниць штабів стафілококу при обробці їх суспензією композиту і окремо комплексом  $[\text{Cu}(\text{HM})(\text{H}_2\text{O})]$  відрізняються між собою не більше, ніж на 20%, тоді як в інтервалі  $X=1.0-1.5$  спостерігається відхилення в мінус майже на порядок. Якби в цих композитах з'являлась нанодисперсна мідь, мало б місце не подавлення, а, навпаки — посилення їх дії на бактерії.

Вочевидь, при взаємодії атому міді з малеїнатним комплексом купруму (I) утворюється біядерна інертна структура. Тому, після досягнення стехіометричного співвідношення  $X=1$  відбувається різкий перехід від біоактивної форми комплексу до біопасивної.

### Список використаних джерел

1. Варгалюк В.Ф., Полонський В.А., Осокін Є.С., Лагута О.В., Синтез мідних композитів, що містять малеїнову кислоту, *Journal of Chemistry and Technologies*, 2021, 29(3), 400-409.
2. Варгалюк В.Ф., Осокін Є.С., Полонський В.А., Утворення  $\pi$ -комплексів атомів міді з акриловою, малеїновою та фумаровою кислотами у водному середовищі, *Journal of Chemistry and Technologies*, 2020, 28(2), 153-160.



*О.О. Литвінов, студент,  
О.В. Грищенко, старший викладач  
Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського  
“Харківський авіаційний інститут”  
[o.o.litvinov@student.khai.edu](mailto:o.o.litvinov@student.khai.edu)*

## ПОРІВНЯННЯ ПАЛИВНИХ ПАР ПО ПИТОМОМУ ОБ'ЄМНОМУ ІМПУЛЬСУ

Анотація (abstract): Визначення об'єму паливної пари при роботі двигуна на етапі вибору двигуна. Порівняння паливних пар.

Determination of the volume of fuel vapor during engine operation at the stage of engine selection. Comparison of fuel vapors.

Ключові слова (keywords): масова витрата, об'ємна витрата, питомий імпульс, mass flow rate, volume flow rate, specific impulse.

Традиційно порівняння рідинних палив ракетних двигунів (далі РД) виконують по питомому імпульсу з масової витрати палива  $I_{\text{пит}} = \frac{P}{\dot{m}_\Sigma}$ . Таке порівняння не дає представлення наскільки багато об'єму займають паливні баки. Умовне представлення можна отримати порівнюючи палива по питомому об'ємному імпульсу  $I_{\text{пит.об}} = \frac{P}{\dot{V}_\Sigma}$ , де – секундна об'ємна витрата палива.

$$\rho_{\text{пс}} = \frac{1+K_m}{\frac{1}{\rho_{\text{п}}} + \frac{K_m}{\rho_{\text{ок}}}},$$

де  $K_m = \alpha \cdot K_{m0}$  ( $\alpha$  – коефіцієнт надлишку окиснювача,  $K_{m0}$  – стехіометричне співвідношення компонентів палива);

$\rho_{\text{п}}$  – густина пального;

$\rho_{\text{ок}}$  – густина окиснювача.

При порівнянні різних паливних пар вигідними є пари з найбільшим  $I_{\text{пит.об}}$ .

Таблиця 1 – Дані паливних пар при сталих умовах і максимальному імпульсі

Паливна пара	$\alpha$	$I_{\text{пит.з}}$ , М/с	$\dot{m}_{\text{п}}$ , КГ/с	$\rho_{\text{пс}}$ , КГ/М <sup>3</sup>	$I_{\text{пит.об}}$ , КГ/(М <sup>2</sup> ·с)	$\dot{V}$ , М <sup>3</sup> /с
Керосин+Н <sub>2</sub> О <sub>2</sub>	0,97	2677,28	25,11	1281,98	3432219,41	0,02039
Водень+Кисень	0,6	3858,72	17,42	313,57	1209978,83	0,0578
НДМГ+Н <sub>2</sub> О <sub>2</sub>	0,96	2742,22	24,51	1239,99	3400325,37	0,02058

Підсумок: більше корисного вантажу можливо вивести за умови займання вантажем надлишкового простору малоцільного палива через розподілену вагу вільного об'єму між додатковим вантажем та додатковим паливом.

### Список використаних джерел

1. Химмотология ракетных и реактивных топлив/Братков А. А., Серегин Е. П., Горенков А. Ф. и др./Под ред. А. А. Браткова. М: Химия, 1987. 304 с.
2. Штехер М. С. Топлива и рабочие тела ракетных двигателей. Учебное пособие для авиационных вузов. М., «Машиностроение», 1976, с.304.
3. Г. Б. Синярев, М. В. Добровольский, Жидкостные ракетные двигатели, изд. Оборонпром, 1955, с. 497

*Є.А. Поливанов, аспірант, С.І. Оковитий, д.х.н., професор,  
Н.В. Кондратюк, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
[mr.egor.pv@gmail.com](mailto:mr.egor.pv@gmail.com)*

## **БІОПОЛІМЕРНІ КОМПОЗИТИ НА ОСНОВІ УРОНАТНИХ ПОЛІСАХАРИДІВ ДЛЯ ЛІКУВАННЯ РАН АСТРОНАВТІВ В УМОВАХ ПОЛЬОТІВ**

Анотація. Біополімерні композити знайшли ефективного використання під час довготривалих польотів астронавтів для проведення терапевтичних заходів у разі пошкодження шкіряних покривів. Гідрогелі на основі уронатних полісахаридів здатні утримувати бактерицидні препарати та іммобілізувати активні речовини, що руйнуються під впливом зовнішнього середовища.

Ключові слова: біополімери, уронатні полісахариди, гідрогелі, ранові пов'язки.

Annotation. Biopolymer composites have found effective use during long-duration flights of astronauts for therapeutic measures in case of skin damage. Hydrogels based on uronate polysaccharides are able to retain bactericidal drugs and immobilize active substances that are destroyed under the influence of the external environment.

Key words: biopolymers, uronate polysaccharides, hydrogels, wound dressings.

Основні вимоги до ідеальних ранових пов'язок полягають у наступному: здатність до поглинання ранового ексудату, тривала підтримка рани у вологому, але позбавленому мікробіологічного обміненія середовищі, що крім того забезпечує газообмін та, можливо, теплоізоляцію [1]; адгезивні властивості, що дозволяють утримуватися пов'язці на поверхні рани; в'язкі середовища, що не дозволяють стікати з поверхні обробленої рани; моделювання протеолітичної активності з метою переведення стану рани з хронічного в гострий. Усіма цими властивостями володіють біоматеріали на основі уронатних полісахаридів, які були розроблені на хімічному факультеті ДНУ [2]. Дані системи забезпечують біорозсмоктувальний каркас і можуть містити іммобілізовані лікувальні речовини, схильні до руйнації у зовнішньому середовищі. Композити представлені сухими сумішами тривалого терміну зберігання, з яких за потреби формуються гідрогелі та ксерогелі безпосередньо у космосі без негативного впливу гравітаційних процесів [3].

### **Список використаних джерел**

1. Jemison M., Olabisi R. Biomaterials for human space exploration: A review of their untapped potential // *Acta Biomaterialia*, 2021. – V. 128. – P. 77-99.
2. Kondratiuk N.V., Polyvanov Ye.A., etc. Theoretical aspects of the creation of food hydrogels with glucuronic acid // *Вісн. НТУ «ХПІ»*, 2020. – No 5 (1359). – С. 86–91.
3. Kondratiuk N.V., Polivanov Y.A. etc. Rheological properties of food film-forming gels on the basis of uroconate polysaccharides // *Bull. of NTU "KhPI"*, 2017. – № 41 (1263). – P. 47-51.

*К. Р. Шевцова, аспірантка, К. Є. Варлан, к.х.н, доцент,  
А. А. Мовчан, студентка  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[konstvarlan@meta.ua](mailto:konstvarlan@meta.ua)*

## **ПОЛІМЕРНІ КОМПОЗИЦІЇ ІЗ СПЕЦІАЛЬНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ НА ОСНОВІ СПІВПОЛІМЕРІВ МАЛЕЇНОВОГО АНГІДРИДУ**

Співполімери малеїнового ангідриду (МА) завжди привертала увагу через особливі властивості, а розробка і дослідження систем на основі таких співполімерів не втрачає актуальності. Завдяки гарним плівкоутворювальним властивостям у сполученні з високою адгезією, а також підвищеними фізико-механічними та хімічними властивостями композиції на основі співполімерів МА широко використовують для створення якісних захисних покриттів. Полімеризаційні співполімери МА та доступних вінілових похідних, зокрема стиролу, акрилонітрилу, через здатність до полімераналогічних перетворень отримали найрізноманітніших застосувань у багатьох галузях в якості компатибілізаторів полімерних сумішей, дисперсантів, коагулянтів, селективних адсорбентів, носіїв лікарських засобів, бурових розчинів тощо. Відомі ґрунтовки-перетворювачі іржі на основі стиромалю з високою адгезією до сталі, що забезпечують високу якість лакофарбових покриттів, зокрема військової техніки.

Раніше повідомлялося про створення на основі співполімеру МА і стиролу – стиромалю, та терполімерів МА-стирол-акрилонітрил еластичних плівочних матеріалів, проникних для рідких середовищ та здатних ефективно сорбувати іони тяжких металів. На їх основі синтезовані нанооповнені міддю композиції з електропровідністю, достатньою для нанесення на поверхню плівок гальванічного покриття. Плівки з мідним гальванохімічним запропоновані як гнучкі провідники та елементи сенсорних систем. Але згодом було виявлено, що такі матеріали поступово втрачають електропровідність через окиснювальні процеси.

З метою отримання стабільних у часі електропровідних полімерних композицій для гнучких електродів та сенсорних систем, а також захисних покриттів, здатних поглинати електромагнітне випромінювання (антирадарних покриттів), розпочаті дослідження із створення композицій на основі співполімерів МА і електропровідного полімеру – поліаніліну (ПА). Опрацьовані методики синтезу ПА з використанням у якості вихідних речовин анілінійхлориду, окисників: персульфатів калію та амонію, перекису водню, хлорного заліза, та кислот: соляної, оцтової, фосфатної, оксалатної. Показано, що підбором умов синтезу можна регулювати дисперсність та стабільність суспензій ПА, та здатність рівномірно розподілятися у полімерному зв'язувальному.

# **ДИСТАНЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ ЗЕМЛІ**

**Мозговий Дмитро Костянтинович**

кандидат технічних наук, доцент

**Москальов Сергій Ігорович**

заступник головного конструктора проектно-конструкторського  
бюро космічних апаратів, комплексів і систем

*А.В. Блоха, студент, Д.К. Мозговий, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. О. Гончара  
[blokha20003@gmail.com](mailto:blokha20003@gmail.com)*

### МЕТОДОЛОГІЯ ОБРОБКИ БАГАТОСПЕКТРАЛЬНИХ ДАНИХ ДЗЗ

Мета досліджень полягала в розробленні методики автоматизованого розпізнавання об'єктів за багатоспектральними даними ДЗЗ надвисокого просторового розрізнення видимого та ІЧ-діапазонів, тестування розробленої методики на обраній території спостережень і наступного порівняння отриманих результатів з результатами візуального дешифрування.

В рамках експериментальної частини досліджень були виконані наступні етапи обробки багатоспектральних даних ДЗЗ:

- попередня обробка багатоспектральних даних, що включає орторектифікацію, підвищення просторового розрізнення, кореляційну геоприв'яз ку до еталона та інформаційне стиснення (компресію);

- тематична обробка багатоспектральних даних (рис. 1), що включає розрахунок спектральних індексів, бінаризацію, морфологічну фільтрацію і векторизацію розпізнаних об'єктів.

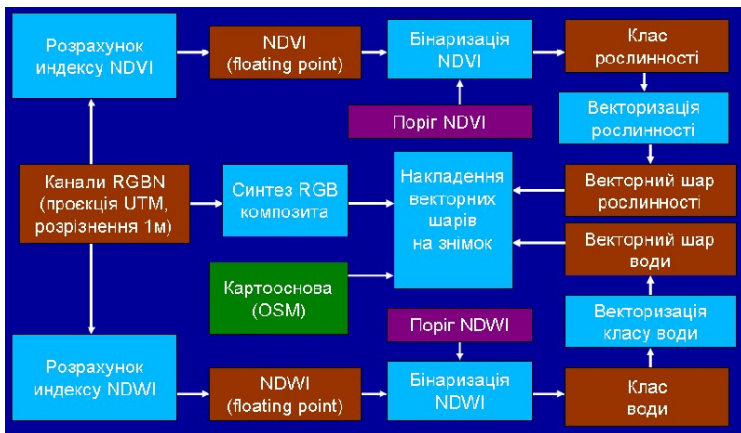


Рис. 1. Блок-схема автоматизованої обробки багатоспектральних даних

Проведена оцінка впливу зменшення розрядності та інформаційного стиснення вихідних багатоспектральних даних на результати автоматизованого розпізнавання.

*А.В. Блоха, студент, Д.К. Мозговий, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. О. Гончара  
[blokha20003@gmail.com](mailto:blokha20003@gmail.com)*

### ТЕМАТИЧНА ОБРОБКА РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ДАНИХ С-ДІАПАЗОНУ

Розроблено методику автоматизованої обробки радіолокаційних даних С-діапазону, яка дозволяє істотно підвищити оперативність і достовірність у порівнянні зі сканерною зйомкою (рис. 1).



Рис. 1. Блок-схема автоматизованої обробки радіолокаційних даних

Основні переваги запропонованої методики:

- відсутність вимог до достатньої освітленості (можлива зйомка як в денний, так і в нічний час);
- незалежність від погодних умов над територією, (можлива зйомка навіть при 100% хмарності);
- простота і можливість швидкого освоєння для нефахівців в області обробки супутникових знімків (орієнтація на масового користувача);
- високий ступінь автоматизації процесу обробки радарних даних та візуалізації результатів, що дозволяє програмно реалізувати дану методику у вигляді геоінформаційного веб-сервісу.

*А.Ю. Зверев, студент, Д.К. Мозговий, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. О. Гончара  
[zveanton@gmail.com](mailto:zveanton@gmail.com)*

### ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ КОМПРЕСІЇ БАГАТОСПЕКТРАЛЬНИХ ДАНИХ ДЗЗ

Основним завданням досліджень є оцінка впливу стиснення з втратами на результати неконтрольованої класифікації багатоспектральних даних ДЗЗ з метою порівняння ефективності існуючих алгоритмів стиснення.

Дослідження проводилися шляхом якісного та кількісного порівняння результатів неконтрольованої класифікації, виконаних для вихідних багатоспектральних даних ДЗЗ та стислих зображень (рис. 1).

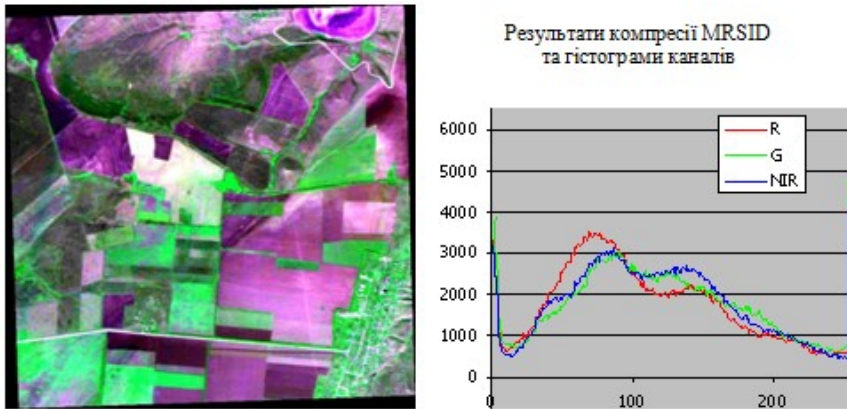


Рис. 1. Результати компресії багатоспектральних даних ДЗЗ

Формат MRSID забезпечує найкраще стиснення, але при цьому вносить найбільші похибки до результатів класифікації (близько 12%). Формат JPEG2000 вносить найменші похибки у результати класифікації (менше 8%) для середнього коефіцієнту стиснення (близько 17).

А.Ю. Зверев, студент, Д.К. Мозговий, к.т.н., доцент  
 Дніпровський національний університет ім. О. Гончара  
[zveanton@gmail.com](mailto:zveanton@gmail.com)

### СИНТЕЗ ДВОПОЛЯРИЗАЦІЙНИХ VV/HV КОМПЗИТИВ С-ДІАПАЗОНУ

Експериментальні дослідження включали операції попередньої обробки та аналізу радарних знімків, що виконуються в автоматичному режимі (рис. 1):

- розпакування знімків HV і VV поляризацій та метаданих до них;
- географічна прив'язка за орбітальними даними;
- радіометрична і геометрична корекція;
- перетворення в задану картографічну проєкцію;
- конвертація та компресія даних.

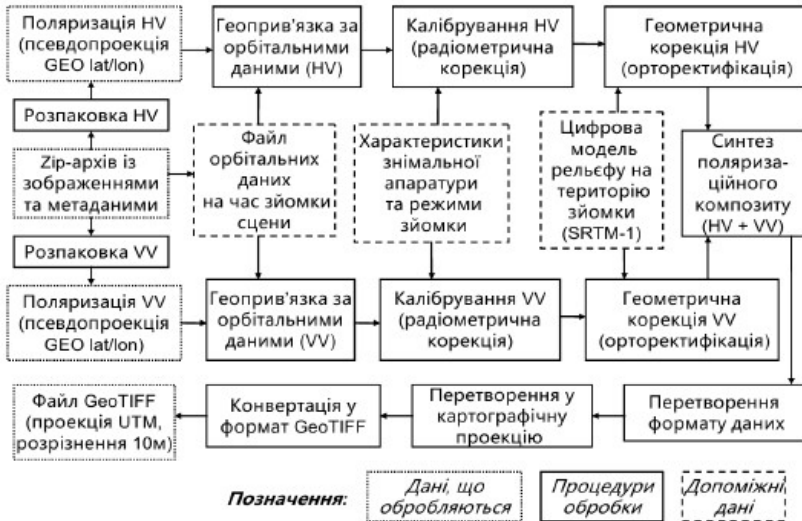


Рис. 1. Блок-схема синтезу двополяризаційних VV/HV композитів С-діапазону

Матеріали досліджень включені до складу учбово-методичного комплексу «Оброблення радарних даних ДЗЗ» та можуть бути використані для проведення лабораторних занять, а також при написанні курсових та дипломних робіт студентами старших курсів Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.



*В.О. Коротков, аспірант, Д.К. Мозговий, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. О. Гончара  
[korotkov\\_vo@ffeks.dnu.edu.ua](mailto:korotkov_vo@ffeks.dnu.edu.ua)*

## АВТОМАТИЗОВАНА ОБРОБКА ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ІЧ-ДІАПАЗОНУ

Основним завданням досліджень є розробка та тестування методології автоматизованої обробки супутникових знімків теплового ІЧ-діапазону з метою проведення моніторингу виробничої активності великих промислових об'єктів..

Експериментальна частина виконаних досліджень включала:

- пошук, аналіз та вибір відповідних для практичної частини досліджень даних ДЗЗ теплового ІЧ-діапазону за обраними тестовими ділянками (визначення дати та умов зйомки, відсотка покриття, кількості знімків, а також оцінка їх якості на предмет наявності шумів, спотворень, а також хмарності);

- Проведення автоматизованого розпізнавання теплових аномалій на супутникових знімках середнього просторового розрізнення, отриманих в тепловому ІЧ-діапазоні для зазначених тестових ділянок і різних дат зйомки;

- Порівняння отриманих результатів з результатами візуального дешифрування великих промислових об'єктів, виконаного за супутниковими знімками надвисокого просторового розрізнення, які були зроблені у видимому діапазоні для тих же територій. (рис. 1).

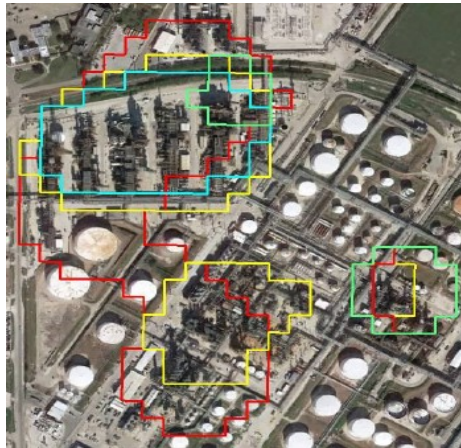


Рис. 1. Порівняння отриманих результатів з результатами візуального дешифрування великих промислових об'єктів

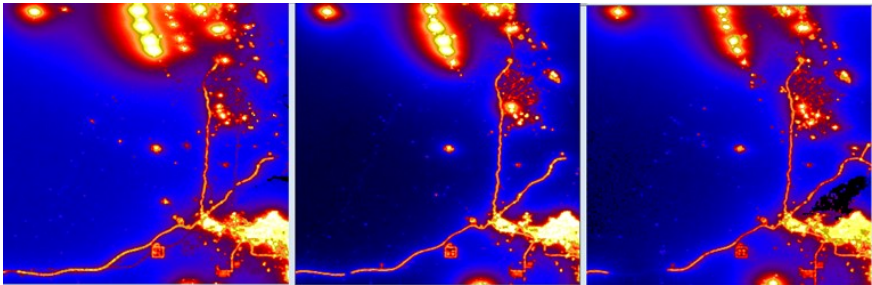
*В.О. Коротков, аспірант, Д.К. Мозговий, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. О. Гончара  
[korotkov\\_vo@ffeks.dnu.edu.ua](mailto:korotkov_vo@ffeks.dnu.edu.ua)*

## **ВИЯВЛЕННЯ АНТРОПОГЕННОЇ АКТИВНОСТІ ЗА ДАНИМИ VIIRS**

Мета роботи: розробка та тестування методики автоматизованого оперативного моніторингу рівня урбанізації на регіональному масштабі та виявлення нових великих антропогенних об'єктів та їхньої активності за даними нічної зйомки приладу VIIRS (канал DNB).

Вихідні дані:

- аналізована територія (ROI, kml, shp);
- перелік та формат вихідних даних (звітних документів);
- період спостережень (початок, кінець);
- крок спостережень (рік, місяць, день).



Результати обробки:

- векторні шари виявлених змін із зазначенням площі кожного об'єкта (kml/kmz, shp + dbf);
- растрові файли індексу змін у видимому та ІЧ діапазонах (GeoTIFF, JPEG2000);
- картосхема виявлених змін (вектор + картооснова OSM, ESRI, Google, карта користувача);
- динаміка виявлених змін за площею та кількістю об'єктів (csv, xls).

Експериментальне тестування запропонованого методу на великій кількості знімків підтвердило добру повторюваність і високу стійкість використовуваних алгоритмів. Завдяки високому ступеню автоматизації, розроблена інформаційна технологія може бути програмно реалізована у вигляді геоінформаційного веб-сервісу.

*М. Ю. Соколов, студент, Д.К. Мозговий, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет ім. О. Гончара  
[zveanton@gmail.com](mailto:zveanton@gmail.com)*

### ВИБІР ТИПУ МОДУЛЯЦІЇ ДЛЯ РАДІОЛІНІЇ СИСТЕМИ ДЗЗ

Дослідження модуляції для радіолінії системи ДЗЗ проводилися у програмі BERTool, яка дозволяє виконувати розрахунки показника BER для заданого набору типів цифрової модуляції та методів завадостійкого кодування. При цьому можливе використання трьох методів розрахунку:

- Теоретичний: побудова графіків за аналітичними формулами.
- Напіваналітичний: поєднання моделювання та аналітичного розрахунку.
- Статистичне моделювання методом Монте-Карло.

Результати порівняння енергетичної ефективності багатопозиційної фазової маніпуляції кратності 4, 8 та 16 з BPSK (PSK-2) для гаусівського каналу зв'язку наведені на рис. 1.

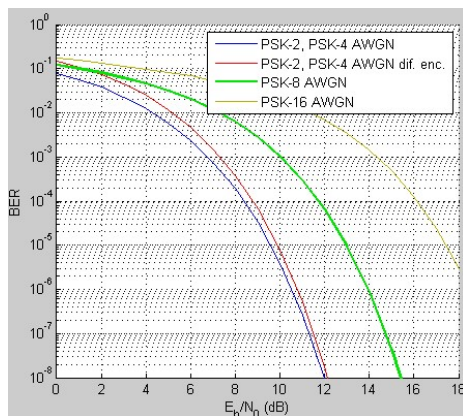


Рис. 1. Порівняння енергетичної ефективності фазової маніпуляції

Аналізуючи результати досліджень, можна зробити висновок, що енергетична ефективність маніпуляцій BPSK (PSK-2) та QPSK (PSK-4) для гаусівського каналу зв'язку однакова, незважаючи на той факт, що спектральна ефективність QPSK є вдвічі кращою.

Також комп'ютерне моделювання показало, що для гаусівського каналу зв'язку при значенні  $BER=10^{-5}$  енергетичний програт у порівнянні з BPSK для PSK-8 складає близько 3 дБ, а для PSK-16 складає близько 8 дБ.

## ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ РАДІОЛІНІЇ СИСТЕМИ ДЗЗ

Підсистема завадостійкого кодування є невід’ємною складовою будь-якої сучасної системи ДЗЗ. Вона є ключовою підсистемою для досягнення вірогідності даних за наявності високого рівня шуму та перешкод.

Основні завдання досліджень:

1. Провести аналіз алгоритмів завадостійкого кодування в супутникових системах ДЗЗ та розглянути особливості реалізації алгоритмів в супутникових каналах передавання інформації із цифровими видами модуляції.
2. Побудувати математичні моделі цифрового супутникового каналу зв’язку із завадостійким кодуванням на основі оптимізації параметрів супутникової системи ДЗЗ.
3. Провести вибір оптимального методу модуляції при побудові каналу передавання інформації з ефективним кодуванням.
4. Дослідити можливості методів коригуючого кодування на основі каскадних структур, визначити особливості застосування паралельних кодів у системах ДЗЗ.

Фрагмент схеми комп’ютерної моделі для дослідження завадостійкого кодування в каналах зв’язку супутникових систем ДЗЗ наведений на рис. 1.

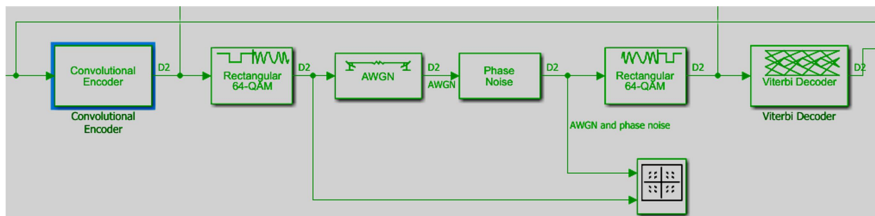


Рис. 1 - Комп’ютерна модель для дослідження завадостійкого кодування

В роботі використані методи математичного та імітаційного моделювання. Дослідження проводилися у пакеті Simulink та у програмі BERTool, яка дозволяє виконувати розрахунки показника BER для заданого набору типів цифрової модуляції та методів завадостійкого кодування.

Д.А. Щогла<sup>1</sup>, студент, Д.К. Мозговий<sup>2</sup>, к.т.н., доцент  
<sup>1</sup>Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»  
<sup>2</sup>Дніпровський національний університет ім. О. Гончара  
[shhogla3dima@gmail.com](mailto:shhogla3dima@gmail.com), [m-d-k@i.ua](mailto:m-d-k@i.ua)

### ДОСЛІДЖЕННЯ РАДІОЛІНІЇ КОСМІЧНОЇ СИСТЕМИ ДЗЗ

Метою досліджень є імітаційне комп'ютерне моделювання радіолінії космічної системи ДЗЗ.

Основна особливість радіолінії космічної системи ДЗЗ – необхідність працювати при дуже малому відношенні сигнал-шум через те, що супутник значно віддалено від станції зв'язку, а також через обмежену потужність передавача самого супутника.

Крім того, суттєвий вплив мають тропосфера та іоносфера (Таблиця 1).

Таблиця 1

Ефект	1 ГГц	3 ГГц	10 ГГц
Обертання плоскості поляризації	108 °	12°	1.1°
Затримка сигналу	0.25 мс	28 нс	2.5 нс
Поглинання у іоносфері (полус)	0.05 дБ	0.006 дБ	0.00005 дБ
Поглинання у іоносфері (екватор)	<0.01 дБ	<0.001 дБ	<0.0001 дБ

Основні технічні проблеми, які треба враховувати під час розробки радіолінії космічної системи ДЗЗ:

1. Великі відстані, обмеженість в потужностях, погода, та інші перешкоди сильно погіршують сигнал, що приводить до низької пропускну здатності, та затримці сигналу.

2. Атмосферний вплив – великий ефект дають атмосферні параметри. Найбільший вплив мають тропосфера та іоносфера.

3. В тропосфері на сигнали до 10 ГГц вплив досить малий, але від 10 ГГц починається феномен радіо-поглинання. Максимум даних ефектів приходиться на 22.3 ГГц (резонанс водяних парів). Також існує ефект замирання – зміни амплітуди та фази сигналу.

4. В іоносфері на сигнали високої частоти від 10 ГГц вплив дуже малий, але на сигнали до 10 ГГц вплив досить великий, що має результат у вигляді завмирання, поглинання, дисперсії та, що досить важливо, обертання плоскості поляризації.

Д.А. Щогла<sup>1</sup>, студент, Д.К. Мозговий<sup>2</sup>, к.т.н., доцент  
<sup>1</sup>Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»  
<sup>2</sup>Дніпровський національний університет ім. О. Гончара  
[shchogla3dima@gmail.com](mailto:shchogla3dima@gmail.com), [m-d-k@i.ua](mailto:m-d-k@i.ua)

### МОДЕЛЮВАННЯ РАДІОПЕРЕДАВАЧА СУПУТНИКА ДЗЗ

Основна мета роботи - це імітаційне комп'ютерне моделювання радіопередавача супутника ДЗЗ при різних методах модуляції, яке було виконане у середовищі Simulink.

Традиційні методи модуляції квазіпостійної огинаючої, такі як QPSK і 8PSK, є енергоефективними в конфігурації з однією несучою на транспондер, оскільки вони можуть працювати на транспондерах, які працюють майже в режимі насичення. Більш ефективними з точки зору пропускнуєї спроможності є такі види модуляції, як 16APSK і 32APSK, які за своєю суттю є більш чутливими до нелінійних спотворень і потребують квазілінійних радіопередавачів.

У програмному середовищі Simulink була побудована комп'ютерна модель радіопередавача супутника ДЗЗ (рис. 1).

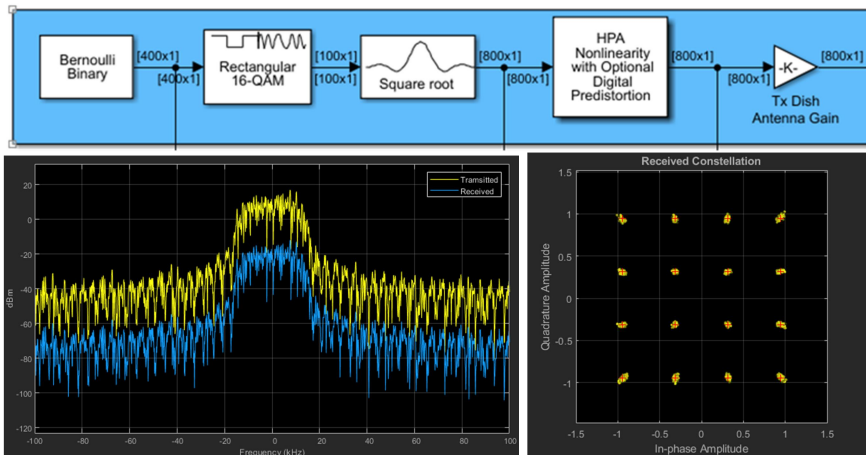


Рис. 1

За результатами моделювання були побудовані спектрограми та сигнальні сузір'я для різних типів модуляції, а також знайдені порогові значення відношення сигнал/шум у каналі зв'язку для різних типів модуляції.

# **ЕКОНОМІКА ТА КОМЕРЦІАЛІЗАЦІЯ КОСМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ**

**Джур Ольга Євгенівна**

кандидат технічних наук, доцент

**Єрмоленко Євгенія Олександрівна**

начальник самостійної науково-дослідної лабораторії

*Л.О. Величко, економіст 1 кат.,  
Є.О. Єрмоленко, керівник відділу  
[lilya.kaljanova13@gmail.com](mailto:lilya.kaljanova13@gmail.com)*

## **ОЦІНКА НОВОГО РОЗПОРЯДЖЕННЯ ФЕДЕРАЛЬНОЇ КОМІСІЇ ЗВ'ЯЗКУ ЩОДО КОСМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ОРБИТАЛЬНОГО СМІТТЯ**

У статті розглянуті основні економічні аспекти, що стосуються космічного сміття. Станом на кінець минулого року на орбіті працює понад 4800 супутників, і переважна більшість із них працюють на висоті нижче 2000 км. Під загрозою понад 279 мільярдів доларів на рік, а також індустрія запуску супутників і робочі місця, які від них залежать. Розглянуте розпорядження Федеральної комісії зв'язку США передбачає скорочення терміну на зведення неактивних супутників з низької навколосемної орбіти з 25 років до 5. Розпорядження стосується надання ліцензії Федеральною комісією зв'язку США на право запускати супутники американським операторам супутникових послуг (правила застосовуватимуться до будь-яких організацій, які подають заявку на отримання ліцензії на супутники, включно з аматорськими), або надавати супутникові послуги на території США операторам супутникових послуг з будь-якої країни за допомогою супутника чи супутникової системи, які не мають ліцензії в США. Прийняття даного документу та нових правил є фактором формування нового сегменту космічного ринку та можливості для комерціалізації діяльності з утилізації космічного сміття. У статті також наведено висновки щодо способів утилізації КА, прийнятних для ринку та відповідних до прийнятих правил.

Ключові слова: космічне сміття, низька навколосемна орбіта, Федеральна комісія зв'язку, термін активного існування, пасивні та активні системи деорбітації, низькоорбітальний супутник.

The article discusses the main economic aspects related to space debris. There are more than 4,800 satellites currently operating in orbit as of the end of last year, and the vast majority of those are operating at altitudes below 2,000 km—the upper limit for LEO. At risk is more than the \$279 billion-a-year satellite and launch industries and the jobs that depend on them. The considered order of the US Federal Communications Commission provides shortening the period for deorbiting inactive satellites from low Earth orbit - from 25 years to 5. The order concerns the granting of a license by the US Federal Communications Commission to launch satellites by US operators of satellite services (the rules will apply to any organization that applies for a satellite license, including amateur ones) or to provide satellite services on the territory of the US to operators from any country using satellite or satellite system not licensed in the United States. The adoption of this document and new rules is a factor in the formation of a new segment of the space market and opportunity for commercialization activities of space debris disposal.

The article also provides conclusions on the methods of spacecraft disposing, acceptable for the market and corresponding to the accepted rules.

Key words: space debris, low Earth orbit, US Federal Communications Commission, orbital lifetime, passive or active deorbiting system, LEO satellite.

У космічному просторі наразі накопичилося понад 7,5 тисяч тонн сміття і приблизно 20 тисяч штучних об'єктів. В останні роки на низьких навколосемних орбітах ситуація погіршується, що пов'язано у тому числі із запуском великих



угруповань супутників, таких як, наприклад, Starlink та OneWeb. До 2030 року прогнозується щорічна поява 2500 нових КА на орбіті.

Нове розпорядження Федеральної комісії зв'язку США передбачає, що супутник може перебувати на низьких орбітах Землі не більше, ніж 5 років після завершення його активного існування. Подовження активного існування КА передбачає розгляд додаткової заявки від супутникового оператора комісією. Розпорядження не задає конкретного способу зведення КА з орбіти та не передбачає ніяких конкретних санкцій в разі аварії та відмови засобів зведення. Перевагу при ліцензуванні однозначно матимуть КА, оснащені рушійними установками, здатними після виконання місії забезпечити пришвидшене зведення КА з орбіти. Для КА, що не мають рушійних установок і при цьому розташовані на низьких орбітах нижчих за 600-650 км, можуть бути використані різні засоби аеродинамічного гальмування, гальмування в магнітному полі Землі тощо. Для КА наноформату можна розробляти навісний блок, здатний після закінчення місії розгорнутись і суттєво збільшити опір КА в розрідженій атмосфері, або викликати гальмування КА в інший спосіб. Якщо оператор КА не подасть чітких відомостей щодо способу зведення з орбіти в термін до 5 років, то йому не видадуть ліцензію. Надійним способом вирішення цієї проблеми є вибір висоти орбіти, що забезпечить виконання вимог комісії (час перебування пасивного КА на орбіті залежить від висоти орбіти, маси КА, його аеродинамічного опору, взаємодії з магнітним полем Землі, з сонячною радіацією, а також від космічної погоди тощо). Для КА, що розміщуються на більш високих орбітах, можливо, що комісія погодиться на застосування наступної схеми: для отримання ліцензії на роботу КА без вбудованих засобів зведення з орбіти, оператором КА укладається договір з компанією – оператором з прибирання орбітального сміття, яка довела працездатність автономних пристроїв для деорбітації, і ці пристрої вже розміщені і працюють на орбіті. Таким чином, відкривається новий сегмент космічного ринку – деорбітації космічного сміття.

### **Список використаних джерел**

1. Federal Communications Commission Second report, Washington, D.C. 20554
2. <https://www.nasa.gov/smallsat-institute/sst-soa/deorbit-systems>
3. <https://meduza.io/feature/2020/06/28/vokrug-zemli-uzhe-ochen-mnogo-kosmicheskogo-musora-skoro-na-orbite-ne-ostanetsya-mesta>

*М.В. Діденко, економіст  
Державне підприємство  
«Конструкторське бюро «Південне» ім. М.К. Янгеля»  
[didenko.kolia2015@gmail.com](mailto:didenko.kolia2015@gmail.com)*

## **ЗАЛУЧЕННЯ ІНВЕСТИЦІЙ ДО КОСМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В УКРАЇНІ**

Анотація: Аналіз динаміки розвитку світового ринку космічних послуг свідчить про його значне прогнозоване зростання у період до 2040 року [1]. В той же час, переважаюча кількість інвестицій на даному ринку зосереджена не в його «матеріальній частині» (пускові послуги, виготовлення космічних апаратів і т.п.), а в сфері надання послуг. І вказана диспропорція має стати тенденцію до збільшення. В поточних ринкових умовах найбільш інвестиційно привабливими проектами, відповідно, є ті, що пов'язані із зазначеним ринковим сегментом.

Annotation: Analysis of the dynamics of the development of the global market of space services indicates about its predicted growth in the period up to 2040 [1]. At the same time, the vast majority of the amount of investment in this market is not in the “material part” (launch services, manufacturing of space vehicles, etc.), but in the sphere of service delivery. And mentioned disproportion in has a trend to increasing. In the current market situation, the most investment-friendly projects, apparently, are those, which are related to the designated market segment.

Ключові слова: M2M/IoT, наносупутники, інвестиції в космічну діяльність.

Key words: M2M/IoT, nanosatellites, investments in space activity.

На сьогодні космічна галузь України знаходиться в кризовому становищі. Така ситуація спричинена рядом факторів, серед яких одним із найбільш вагомих (на ряду з військовими діями та старінням науково-технічної бази) є «хронічне» недофінансування космічної діяльності в Україні [2]. Поточне становище ще більше погіршується тим фактом, що до сих пір не прийнята Загальнодержавна цільова науково-технічна космічна програма на 2021-2025 роки, у якій обсяг фінансування запланований в 40,78 млрд. гривень, у тому числі з державного бюджету лише 15,76 млрд. гривень [3]. Така ситуація призводить до необхідності пошуку інвестицій в приватному секторі.

В поточних умовах підвищеного ризику найбільш інвестиційно привабливими виступають проекти, що мають невеликий строк реалізації та потребують незначні капітальні витрати. Базуючись на аналізі структури та динаміки ринку космічних послуг, на наш погляд одним із найбільш перспективних проектів для залучення інвестицій можуть бути послуги в сфері M2M/IoT [3]. Ключовими перевагами подібного проекту є те, що, по-перше, наразі з'явилась технічна можливість розміщення даної технології на наносупутниках (це значно зменшує часові та фінансові витрати на розробку, виготовлення та виведення на орбіту супутникового сузір'я) та, по друге, існує можливість поетапного введення системи в експлуатацію.

Комбінація зазначених особливостей проекту дозволяє при відносно невеликих капітальних інвестиціях та незначній кількості апаратів на орбіті створити та ввести систему в експлуатацію (перший етап). А потім (на другому етапі, що є найбільш капіталоемним), маючи вже «живу» систему, поступово нарощувати наявне сузір'я супутників (збільшуючи покриття, пропускну здатність і т.д.) за рахунок залучення інвестиційних коштів. Наявність вже функціонуючої системи значно

підвищує ринкову привабливість проекту для потенційних інвесторів, що, враховуючи значний прогнозований ринок для пропонованого проекту, створює цілком реальні можливості для його успішної реалізації навіть в поточний кризових умовах.

### **Список використаних джерел:**

1. Space: Investing in the final Frontier. Morgan Stanley market analysis. URL: <https://www.morganstanley.com/ideas/investing-in-space> (дата звернення: 24.02.2023);
2. Government space budgets driven by space exploration and militarization hit record \$92 billion investment in 2021 despite covid, with \$1 trillion forecast over the decade. Euroconsult space market trends. URL: <https://www.euroconsult-ec.com/press-release/government-space-budgets-driven-by-space-exploration-and-militarization-hit-record-92-billion-investment-in-2021-despite-covid-with-1-trillion-forecast-over-the-decade/> (дата звернення: 24.02.2023);
3. Проект Закону про затвердження Загальнодержавної цільової науково-технічної космічної програми на 2021-2025 роки. Сайт Верховної Ради України. URL: <https://itd.rada.gov.ua/billInfo/Bills/CardByRn?regNum=6129>

# **НАНОТЕХНОЛОГІЇ ТА НАНОМАТЕРІАЛИ В РКТ**

**Калініна Наталія Євграфівна**

доктор технічних наук, професор

**Носова Тетяна Валеріївна**

кандидат технічних наук, доцент

*V. Baidala, assistant, D.B. Hlushkova, professor, doctor of technical sciences  
Kharkiv National Automobile and Highway University  
[vlada.baidala@gmail.com](mailto:vlada.baidala@gmail.com)*

## **CHANGES IN THE NANOSTRUCTURE OF MACHINE PARTS AND THEIR PROPERTIES UNDER THE INFLUENCE OF LASER PROCESSING**

The actual problem is the development of a different method of surface hardening, not leading to embrittlement. Implementation of such a process can be carried out using laser heating accompanied by surface layer melting. However, this method can be offered to be used in the production only after a detailed study of the relationship between the parameters of process implementation and the depth of the layer, as well as after studying the peculiarities of structure formation under specific conditions of laser boriding. The properties of the product on which a borated layer is applied depend on the depth of the latter.

Analysis of publications shows that the technique of increasing the wear resistance of piston rings by boriding, conducted using non-traditional methods, but using the latest technologies has not been developed so far. In sources, they proposed to increase durability by either traditional borating, or laser treatment. However, there is no association of these two technological processes.

Implementation of such a process can be carried out by establishing the interrelation between the parameters of laser heating and the depth of the borated layer. Laser treatment was carried out using the continuous CO<sub>2</sub> laser.

With increasing the exposure rate, under otherwise equal conditions of treatment there is a decrease in the depth of the layer, i.e. the volume of the molten metal bath decreases and consequently- the amount of boron dissolved in it increases therein. The data of X-ray diffraction and microscopic analysis reveal a change in the layer composition. X-ray diffraction shows an increase in the intensity of borocementite lines with the growth of irradiation rate, and microstructurally it is revealed by an increase in the share of structures with a high content of boron.

It was established that when conducting laser boriding with an increase in RMS-velocity of sample movement the depth of the borated layer decreases.

1. The histograms of the borated layer indicate the increase of the latter with an increase of the irradiation spot diameter from 2 to 4 mm.
2. X-ray and metallographic diffraction detected the phases and structural composition of the borated layer.
3. The effect of coating thickness on the structure is established.
4. X-ray and microstructural diffraction analysis revealed a connection between the RMS-irradiation growth and the share of high-boron structures in the layer.

*V. Sayenko, student, D.B. Hlushkova, professor, doctor of technical sciences  
Kharkiv National Automobile and Highway University  
[saenko\\_01@ukr.net](mailto:saenko_01@ukr.net)*

## **INFLUENCE OF THE ELECTRODE MATERIAL ON THE STATE OF THE WELDED NANOLAYER OF TURBINE BLADES**

Rotor blades of steam turbines determine the serviceability of the turbine. Their working conditions require high hardness of leading edges. Further, erosion damage reduces their resistance.

To increase the service life of the blades the leading edges are exposed to such processing methods like hardening by high frequency currents and application of the widely used alloy T15K6 based on carbides *Ti* and *W* as a reinforcing electrode. The binder for this alloy is Co.

However, the mode of operation of the blades is such that requires increased resistance to shockerosion, lack of adverse influence of coating formation parameters on mechanical properties, high corrosion properties.

Study of the microstructure of the deposited layer showed that the structure is homogeneous, almost no etch ability. In some places, there were detected individual pores. When surfacing by steel 15H11MFSH, the layer structure is of mainly dendritic structure. In the surface layer of the base metal under high temperatures there was observed the formation of the light etch ability zone formed by diffusion of the electrode material into the sample depth, and the dark-etch ability zone of under alloying. In some places, there were detected pores.

As it follows from the above histograms, in all areas the micro-hardness at hardening by alloy T15K6 and steel 15H11MFSH is practically identical.

Conclusions:

1. When there was performed visual inspection and carried out metallographic analysis of samples reinforced by the electrospark method, using the equipment EIL 8A by electrodes made of steel 15H11MFSH and hard alloy T15K6 cracks were not revealed.
2. When conducting the bending test, none of the samples, hardened by both the solid alloy T15K6 and steel 15H11MFSH, failed.
3. On examination of the bends, the peel of the hardened layer from the base metal was not detected.
4. The average thickness of the surface layer hardened by both alloy T15K6 and steel 15H11MFSH was virtually identical.
5. The microhardness of the deposited layer, the transition zone, HAZ at different distances from the border when using both the hardened alloy T15K6 and steel 15H11MFSH do not practically differ.
6. Based on these studies it is recommended to replace the applied reinforcing electrode made of alloy T15K6 and steel 15H11MFSH to increase the hardness of the leading edges of steam engine rotor blades.

*А.В. Греков, інженер<sup>1</sup>; Н.С. Калініна, д.т.н., професор<sup>2</sup>;  
М.В. Баглай, PhD, інж.-констр. 2 кат.<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>ДП «КБ «Південне» ім. М.К. Янгеля*

*<sup>2</sup>Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[marina.grekova.kbu@gmail.com](mailto:marina.grekova.kbu@gmail.com)*

## **НАНОМОДИФІКУВАННЯ ВИСОКОЛЕГОВАНИХ ЖАРОМІЦНИХ СПЛАВІВ**

На підставі результатів експериментальних досліджень, з використанням методу математичного планування експерименту розроблено оптимальний склад модифікатора, що дозволяє отримати однорідну дрібнозернисту структуру і високий комплекс механічних властивостей нікелевих сплавів.

Based on the results of experimental studies, using the method of mathematical planning of the experiment, the optimal composition of the modifier was developed, which allows obtaining a homogeneous fine-grained structure and a high complex of mechanical properties of nickel alloys.

Ключові слова: жароміцні нікелеві сплави, наномодифікування, жароміцність, механічні властивості.

Keywords: heat-resistant nickel alloys, nanomodification, heat resistance, mechanical properties.

Для успішного розвитку економіки України потрібне підвищення конкурентоспроможності високотехнологічної продукції на внутрішньому і зовнішньому ринках, направлене на модернізацію наукової і промислової сфери. Багаторічна практика показує, що більше 80% інноваційних розробок базується на впровадженні нових матеріалів і технологій їх виробництва. Тому важливу роль грає розробка і впровадження нових та удосконалення існуючих вітчизняних жароміцних матеріалів з поліпшеним комплексом службових властивостей в провідних галузях промисловості. У світовій практиці впродовж тривалого часу емпіричний метод залишався основним при розробці жароміцних матеріалів.

### **Список використаних джерел**

1. Гайдук С.В. Наукові основи проектування ливарних жароміцних нікелевих сплавів з необхідним комплексом службових властивостей / С.В. Гайдук, С.Б. Беліков. Запоріжжя: ЗНТУ. 2017. 80 с. ISBN 978-617-529-160-3.
2. Куцова В.З. Леговані сталі та сплави з особливими властивостями / В.З. Куцова, М.А. Ковзель, О.А. Носко. Дн-вськ: НМетАУ. 2008. 350 с.
3. Підвищення структурної стабільності та властивостей жароміцних нікелевих сплавів для лопаток ГТД обробкою наноматеріалами / Грекова М.В. Вестник ХНАДУ, вып. 82. 2019.

## **МОДИФІКУВАННЯ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ ДИСПЕРСНИМ ПОРОШКОМ КАРБІДУ КРЕМНІЮ SiC**

Алюмінієві сплави систем Al-Mg, Al-Mg-Sc: AMg6, 1570, 2219, АК9ч. Запропоновано модифікування алюмінієвих сплавів дисперсним порошком карбіду кремнію SiC розміром часток до 200 нм. Дисперсний SiC отримано методом плазмохімічного синтезу. Проведені дослідно-промислові плавки алюмінієвих сплавів. Досліджено структуру та механічні властивості сплавів у литому та деформованому стані.

З урахуванням принципу П.Д. Данкова про кристалографічну і розмірну відповідність ізоморфності кристалічних ґраток алюмінію і тугоплавких сполук встановили, що модифікаторами алюмінієвих сплавів можуть бути карбіди кремнію, ніобію і танталу, а також карбіди і нітриди титану, цирконію, гафнію і ванадію. Як ефективний модифікатор ливарних алюмінієвих сплавів запропоновано нанодисперсний порошок карбіду кремнію SiC розміром часток до 200 нм, який отримано методом високотемпературного плазмохімічного синтезу.

Карбід кремнію існує у двох алотропічних модифікаціях:  $\beta$ -SiC і  $\alpha$ -SiC. Кристали  $\beta$ -SiC мають кубічну будову з алмазоподібною ґраткою сфалериту з параметром  $a = 0,4360$  нм.

Кристали  $\alpha$ -SiC у широких межах проявляють полі типізм. В основі їх будови існує гексагональна і ромбоедрична ґратки. Хімічний склад тонкодисперсного  $\beta$ -SiC, мас. %: 68,5 Si; 30,5 C; 1,0 N. Перехід  $\beta$ -SiC $\rightarrow$  $\alpha$ -SiC відбувається при 2100°C і супроводжується зміною об'єму на 0,06%. Нанодисперсні частинки карбіду кремнію розмірами до 200 нм є хорошими геттерами, матеріалами з розвиненою вільною поверхнею.

Високі фізико-механічні характеристики  $\beta$ -SiC пояснюють міжатомним зв'язком. Атоми в карбіді кремнію пов'язані між собою ковалентним зв'язком, який є найбільш сильним у природі і обумовлює в кристалах високу температуру плавлення, твердість і хімічну тривкість. Кристал SiC складається з атомів двох видів, що мають різну спорідненість до електрону, причому атом кожного сорту оточений чотирма атомами іншого сорту. Тому поряд з ковалентним зв'язком тут є деяка частка гетерополярного зв'язку.

Дія нерозчинних додатків, ізоморфних до алюмінію, аналогічність впливу розчинних елементів дотримується лише тоді, коли кількість нерозчинного додатку перевищує кількість кристалів, що утворилися довільно за тих самих умов. Таким чином, зі збільшенням кількості нерозчинного додатку, зокрема частинок карбіду кремнію, розмір зерна спочатку зменшуватиметься, а потім буде постійним.



*Є.Ю. Завалін, студент, О.Ю.Левченко, студент, Н.Є. Калініна, д.т.н. професор,  
С.О. Полішко, доцент*

*Дніпровський національний університет ім. Олеса Гончара  
[egorzavalin111@gmail.com](mailto:egorzavalin111@gmail.com)*

## **ОСОБЛИВОСТІ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАНОМАТЕРІАЛІВ**

Найбільш відчутно властивості наноматеріалів та наночастинок змінюються у діапазоні розмірів кристалітів порядку 10 - 100 нм.

У поверхневих атомах, на відміну від тих, що знаходяться в об'ємі твердого тіла, задіяні не всі зв'язки з сусідніми атомами. Для атомів, що знаходяться на виступах і заглибинах поверхні, ненасиченість зв'язків ще вища. В результаті в поверхневому шарі сильно спотворюється кристалічна ґратка і навіть може змінюватися її тип. Іншим аспектом є той факт, що вільна поверхня є стоком нескінченної смності для точкових і лінійних кристалічних дефектів. За малих розмірів частинок цей ефект помітно зростає, що може призводити до виходу більшості структурних дефектів на поверхню і очищення матеріалу наночастинок від дефектів структури і хімічних домішок.

За розміру зерна менше 10 нм. починає сильно зростати частка потрібних стиків. З цим пов'язують аномальне падіння твердості в цьому інтервалі розмірів. Комплексні експериментальні дослідження виявили, що межі зерен мають нерівноважний характер, зумовлений зерномежевими дефектами високої щільності.

Важливим чинником, що діє в наноматеріалах, є також схильність до появи кластерів. Полегшення міграції атомів уздовж поверхні і межами поділу та наявність сил тяжіння між ними, які для наноматеріалів більші, ніж для традиційних, часто призводять до самоорганізації острівкових, стовпчастих та інших кластерних структур на підкладці. Цей ефект вже використовують для створення впорядкованих наноструктур для оптики і електроніки.

В якості наномодифікаторів в роботі були використані нанопорошки на основі карбідо-кременія (SiC). Нанопорошки розміром до 10 або менше 100 нанометрів отримані методом плазмо-хімічного синтезу на спеціальних високо частотних установках. Порошки застосовували у вигляді пресованих таблеток діаметром 10 - 15мм. При виплавці літєво – алюмінієвого сплаву системи алюміній-сіліціум, проведені дослідні плавки сплаву системи алюміній-кременій з участю наномодифікаторів. Кількість модифікатора становила 0,1% від ваги розплаву. Досліджували макроструктуру зразків до і після модифікації, модифіковані зразки мали щільну макроструктуру з розміром зерна в 1,5 – 2 рази дрібніше ніж не модифіковані. В результаті досягнуто підвищення прочностних властивостей модифікованого сплаву  $\sigma_T$  (межа плинності) на 5 – 8 % в порівнянні з немодифікованим сплавом. Мікроструктура модифікованих зразків дрібнозерниста з присутністю дисперсних зміцнювальних фаз в центрі зерен, що сприяє додатковому уточненню модифікованого сплаву.

М.К. Курпа, студент, В.С. Олішевська, к.т.н., доцент  
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»  
[olishevska\\_v@ukr.net](mailto:olishevska_v@ukr.net)

## ВПЛИВ НАНОПРИСАДОК НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ АВТОМОБІЛЬНИХ ПАЛИВ

Анотація: В роботі проведено дослідження властивостей і використання наноприसाдок до автомобільного палива в умовах економічної кризи, дефіциту ресурсів і інтенсивного забруднення навколишнього середовища.

Abstract: Research of properties and use of nanomaterials in a motor-car fuel in the conditions of economic crisis, deficit of resources and intensive contamination of environment is conducted in work.

Ключові слова: автомобільні палива, наноприсадки до автомобільних палив, експлуатаційні та екологічні показники палива

Key words: motor-car fuels, nanomaterials to the motor-car fuels, operating and ecological indexes of fuel

Одним з перспективних шляхів вирішення екологічних проблем, що викликані експлуатацією автотранспорту, є поліпшення якісних показників автомобільного палива за рахунок додавання наноприсадок [1], [2]. Антидимові присадки, що містять іони марганцю і міді з карболовими і дікарбонними кислотами або нанорозмірні частинки оксиду церію, зменшують вміст твердих частинок у вихлопних газах. Наноприсадка Ecnigoх, що містить нанорозмірні частинки оксиду церію в органічній основі, забезпечує повне згорання вуглеводнів, економію палива до 10...15 %, зменшення шкідливих викидів, зокрема різке зниження змісту оксидів азоту. Наноприсадка AdBlue перетворює оксиди азоту в азот і водяну пару. Препарат Faber OX став базовим для розробки лінійки нових наноприсадок Fenom: тюнінг палива STREET RACING, очищувач інжекторів, октанопідвищуюча присадка до бензину, очищувач каталітичного нейтралізатора, депресорна присадка до дизельного палива. Використання бромованих сфероїдальних карбонних кластерів в якості присадок до етанольних моторних палив дозволяє покращити експлуатаційні показники палив: тиск насичених парів палива, корозійний вплив на деталі двигуна, критичне навантаження до задиру [3].

### Список використаних джерел

1. Транспортна екологія / [Запорожець О. І., Бойченко С. В., Матвеева О. Л. та ін.]; за заг. ред. С. В. Бойченка. – Київ : НАУ, 2017. – 507 с.
2. Олішевська В. С. Наноприсадки до автомобільних палив / В. С. Олішевська, В. В. Швайка, Г. С. Олішевський // Людина і космос: XVI міжнар. наук.-практ. конф., 9-11 квіт. 2014 р.: тези доп. / Нац. центр аерокосмічної освіти молоді ім. О. М. Макарова. – Дніпропетровськ, 2014. – С. 434.
3. Гайдай О. О. Експлуатаційні властивості етанольних бензинів з нанорозмірними сфероїдальними карбонними кластерами : дис. ... канд. техн. наук: 05.17.07 / Гайдай Ольга Олександрівна. – Київ, 2019. – 179 с.

*К.В. Кузнецов, студент<sup>1</sup>, А.В. Давидюк, викладач спеціальних дисциплін<sup>1</sup>,  
С.І. Мамчур, к.т.н., доцент<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Фаховий коледж зварювання та електроніки імені Є.О. Патона*

<sup>2</sup>*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
[anzhela8848@gmail.com](mailto:anzhela8848@gmail.com)*

## **МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ МІЦНОСТІ ЛИВАРНИХ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ ДИСПЕРСНИМИ ЧАСТИНКАМИ SiC**

Механізм впливу дисперсних частинок карбіду кремнію на формування структури доевтектичних алюмінієвих сплавів під час кристалізації полягає в тому, що основна їх маса виштовхується фронтом кристалізації в рідку фазу і бере участь у подрібненні структурних складників сплаву. Частинки карбіду кремнію сприяють також дисперсному зміцненню сплаву, так як дисперсні фази є додатковими бар'єрами для переміщення дислокацій, а отже, підвищують характеристики міцності ливарних алюмінієвих сплавів.

На механічні властивості алюмінієвих сплавів суттєво впливають розміри частинок зміцнювальної фази. Промислові експерименти зі застосуванням дисперсних частинок SiC у широкому діапазоні розмірів 0,075...0,100; 10...20; 30...40; 50...60 і 90...100 мкм виявили, що зі зменшенням розмірів частинок карбіду кремнію до 100 нм межа міцності сплаву АК9ч зростає з 115 до 260 МПа.

Для визначення оптимальної кількості модифікатора карбіду кремнію виконали промислові плавки та випробування зразків, що пройшли термічну обробку за режимом Т6 (гартування і штучне старіння).

Для комп'ютерної обробки даних складу сплавів і вмісту модифікаторів використали програму Microsoft Excel. Аналіз результатів засвідчив, що модифікування частинками карбіду кремнію в кількості 0,1 мас. % максимально підвищує пластичність ( $\delta$ ) сплаву АК9ч за одночасного збільшення меж міцності ( $\sigma_B$ ) і плинності ( $\sigma_T$ ).

Подальше збільшення кількості модифікатора SiC від 0,10 до 0,25% в сплаві АК9ч суттєво не впливає на механічні властивості, а за вмісту більше 0,25% SiC незначно знижується параметр  $\sigma_B$ . Незначне зниження меж плинності сплаву АК9ч спостерігали під час введення більше 0,1 мас. % модифікатора SiC.

Таким чином, механічні характеристики ливарного алюмінієвого сплаву АК9ч значно підвищуються зі введенням у розплав 0,1 мас. % нанодисперсних частинок карбіду кремнію. Якість ливарних алюмінієвих сплавів під час модифікування залежить від багатьох чинників: природи дисперсної фази, температури розплаву, режимів його перемішування під час введення частинок. У працях [9–10], вивчаючи вплив температури на ступінь засвоєння тугоплавких частинок – TiC, SiC, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, встановили, що за певної для даного розплаву температури спостерігається максимум засвоєння частинок. Характерною особливістю результатів досліджень, виконаних з різними тугоплавкими композиціями в алюмінієвих сплавах, є досягнення максимуму засвоєння частинок за нижнього значення температури розплавів.

О.О. Мітяєв, студент, А.А. Кузьменко, студент, О.А. Мітяєв, д.т.н., професор  
Національний університет «Запорізька політехніка»

[tmzntu@gmail.com](mailto:tmzntu@gmail.com)

## НАНОМОДИФІКУВАННЯ ПОРШНЕВИХ СИЛУМІНІВ

**Анотація:** Вимоги до матеріалів для виготовлення поршнів багатогранні, важко сумісні, а іноді суперечливі, що робить процес їхнього вибору складним у кожному конкретному випадку. Тому дослідження, спрямовані на підвищення якості поршневих алюмінієвих сплавів є актуальними і своєчасними.

**Abstract:** The requirements for materials for the manufacture of pistons are multifaceted, difficult to match, and sometimes contradictory, that makes their choice difficult in each case. Therefore, research aimed at improving the quality of piston aluminum alloys is relevant and timely.

Ключові слова: *алюмінієві сплави, поршень, модифікувальний комплекс, фулеренова чорнь, властивості.*

Key words: *aluminum alloys, piston, modifying complex, fullerene black, properties.*

У зв'язку зі зростаючим в останні роки випуском малопотужних двигунів внутрішнього згоряння для безпілотних літальних апаратів, човнових моторів, бензоцикл, газонокосарок, а також у зв'язку з відсутністю в Україні власного виробництва первинного алюмінію загострилася проблема якості поршневих сплавів і, відповідно, надійності і довговічності малопотужних двигунів внутрішнього згоряння.

Метою роботи було вирішення задачі підвищення якості поршневих алюмінієвих сплавів та вивчення комплексного впливу на структуру та механічні властивості сплаву АЛ25 (АК12М2МгН) модифікувального комплексу МК-1 [1, 2] і фулеренової чорні, котра на 100% складалася із сажистого вуглецю і мала розміри частинок 40...50 нм.

Результати досліджень засвідчили наступні факти.

1. Додатково підтверджено позитивний вплив модифікувального комплексу МК-1 [1] на рівень механічних властивостей вторинного поршневого сплаву АК12М2МгН (АЛ25) при температурах 20 і 300°C.

2. Встановлено позитивний вплив фулеренової чорні в якості наномодифікатора на механічні властивості сплаву АК12М2МгН (АЛ25) при кімнатній (20°C) та робочих (300°C) температурах. Надано аргументоване пояснення цьому явищу.

3. Встановлено факт низького рівня засвоєння фулеренової чорні та наявності певних труднощів при її введенні до розплавів, що потребує подальшого вивчення та відпрацювання.

4. Відмічено, що спосіб введення фулеренової чорні до розплаву, впливає на рівень механічних властивостей модифікованого сплаву.

5. Результати виконаних досліджень добре узгоджуються з даними робіт [3, 4] та мають практичну цінність та розширюють можливості підвищення якості вторинних силумінів шляхом їх мікро- та наномодифікування.

### Список використаних джерел:

1. Пат. 46094 Україна, МПК (2009) СС22С1/00. Модифікувальний комплекс для алюмінієвих сплавів / Лоза К.М., Мітяєв О.А., Волчок І.П. (Україна); заявник та патентовластик Запорізький нац. техн. ун-т, - №u200905914; заявл. 09.06.2009, опубл. 10.12.2009, Бюл. №23. – 4с.
2. Лоза К.М. Вплив модифікування та термічної обробки на формування структури і властивостей вторинного поршневого сплаву АЛ25: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.02.01 «Матеріалознавство» / К.М. Лоза. – Запоріжжя, 2012. – 16с.
3. Калініна Н.Є. Структура, властивості та використання конструкційних наноматеріалів /Н.Є. Калініна, Г.М. Никифорчин, О.В. Калінін, В.І. Маруха, В.І. Кирилів. – Львів: Простір – М, 2017. – 304с.
4. D. Kuis, A. Volchko, A. Shegidevich, N. Svidunovich / Research on obtaining of composite materials based on aluminum matrix // Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 51, 4, University of Chemical Technology and Metallurgy, Sofia, Bulgaria. 2016. – P. 427-436.

*Я.В. Мороз, аспірант, Н.Є. Калініна, д.т.н., професор  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[y.moroz0407@gmail.com](mailto:y.moroz0407@gmail.com)*

## **МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ, ОДЕРЖАНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ НАНОМАТЕРІАЛІВ**

Дослідження структури та властивостей наноматеріалів наведені в класичних роботах: О.І Гусіва, Ю.І. Головіна, Большакова В.І., Куцовой В.З, та інших вчених.

Зменшення розміру кристалітів нижче деякого граничного значення може призводити до суттєвої зміни властивостей. Розмірні ефекти з'являються, коли середній розмір кристалічних зерен не перевищує 100 нм, і найбільш чітко проявляється, коли він менше 10 нм. Таким чином, розмір часток - один з найважливіших параметрів, що визначають специфіку властивостей і галузь застосування наноматеріалу.

Можна прийняти умовний розподіл речовин за абсолютним розміром зерен. Матеріали зі середнім розміром зерен більше 1 мкм – крупнокристалічні, полікристалічні зі середнім розміром зерен від 100...150 до 40 нм – субмікрোকристалічні, а зі середнім розміром менше 40 нм – нанокристалічні.

Фізично перехід до нанокристалічного стану пов'язаний з появою розмірних ефектів у властивостях. Якщо відсутні розмірні ефекти – немає і нанокристалічного стану. Для оцінки переходу в нанокристалічний стан можна використовувати такі фізичні параметри, як розмір магнетних доменів у феромагнетиках, довжина вільного пробігу електрона, довжина хвилі пружних коливань.

Методи дослідження діляться на:

1. Електронна мікроскопія способів візуалізації. Існують два основні методи електронної мікроскопії – сканівна (растрова), що працює у відображених електронах, і мікроскопія на просвіт;

2. Сканівний зондовий мікроскоп. В основі сканівної мікроскопії – детектування локальної взаємодії, що виникає між зондом і поверхнею досліджуваного зразка під час їх взаємного зближення до відстані  $\sim \lambda$ , де  $\lambda$  – характерна довжина загасання взаємодії “зонд–зразок”.

3. Дифракційний аналіз. У дифракційному аналізі використовують явище зміщення дефектами атомів з вузлів ґратки.

4. Седиментаційний аналіз. Визначення розміру частинок седиментаційним методом (методом осадження) засновано на вимірі часу, впродовж якого частинка в рідкому середовищі з відомою в'язкістю  $\eta$  проходить фіксовану відстань  $H$ .

В даній роботі вивчено структуру ливарного алюмінієвого сплаву Al4, одержаного з наномодифікатора карбиду кремнію. Нано модифікатор одержаний методом плазмохімічного синтезу, розмір частинок складає від 50 до 100 нм. Модифікатор вводили в розплав алюмінію в таблетованому вигляді. Розмір зерна та структуру сплаву Al4 до і після модифікування досліджено методом мікроструктурного аналізу. В результаті модифікування досягнуто здрібнення зерна сплаву при диспергуванні загальної мікроструктури.

*М.Р. Нор, студент, Д.Ю. Дідик, студент, Т.В. Носова, к.т.н., доцент,  
С.І. Мамчур к.т.н., доцент*

*Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[immaxnor@gmail.com](mailto:immaxnor@gmail.com)*

## **НАНОЕЛЕКТРИЧНИЙ РАКЕТНИЙ ДВИГУН З ВИКОРИСТАННЯМ НАНОЧАСТИНОК ПАЛИВА**

Більшість сучасних ракетних двигунів покладаються на хімічну тягу. Усі сучасні космічні кораблі використовують певну форму хімічної ракети для запуску. Однією з областей, що активно досліджується, є електричні двигуни (ЕР), які включають електричні двигуни з випромінюванням поля (ЕДВП), колоїдні двигуни та інші версії двигунів з електричним полем (ДЕП).

Наноелектричний ракетний двигун (наноЕРД) використовує високомасштабовані структури MEMS/NEMS для подачі, вилучення та прискорення наночастинок через двигуни мікронного розміру. Наночастинки, які будуть використовуватися як паливо, можуть бути різної геометрії та матеріалів. Ось як це працює: провідні наночастинки будуть транспортуватися до невеликого заповненого рідиною резервуару за допомогою транспортної системи мікрофлюїдного потоку. Частинок, які стикаються з нижньою провідною пластиною, будуть заряджені та витягнуті на поверхню рідини створеним електричним полем. Якщо електростатична сила поблизу поверхні може змусити заряджені наночастинки пробити поверхневий натяг, фокусування поля швидко прискорить частинки через поверхню. Після вилучення заряджені наночастинки прискорюватимуться вакуумним електричним полем і викидатимуться, створюючи таким чином тягу. Одним з інтригуючих аспектів наноЕРД є те, що він використовує технологію MEMS/NEMS для створення «плоскопанельного» двигуна, який включає обробку енергії, а також виробництво, зберігання, подачу, вилучення та прискорення наночастинок. Це призводить до модульної та геометрично масштабованої рухової системи, від ват до мегават, що дозволяє відокремити конструкцію двигуна від конструкції космічного корабля. Система також дуже гнучка щодо розміру та типу частинок, які можна використовувати. Можуть бути використані практично будь-які провідні наночастинки, такі як вуглецеві нанотрубки, фулерени, а також металеві наносфери та нанодропи. Зараз дослідники експериментують з наночастинками срібла, нікелю та міді розміром від 5 до 70 нм. На даний момент експериментальні результати підтвердили теоретичні моделі та є значним кроком на шляху доведення фундаментальної здійсненності наноЕРД.

*Р.О. Панченко, студент, Л. В. Луцак студентка, С.І. Мамчур, к.т.н., доцент,  
Т.В. Носова, к.т.н., доцент*

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
[ruslan.panchenko2000@gmail.com](mailto:ruslan.panchenko2000@gmail.com), [larisalorisa890@gmail.com](mailto:larisalorisa890@gmail.com)*

## **СТРУКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ НАНОЧАСТИНОК**

Розвинена поверхня ізольованих наночастинок суттєво впливає на їх властивості. Неадитивність термодинамічних функцій, що пов'язана з внеском меж поділу фаз і яку враховують, вводячи поверхневу енергію, призводить до розмірних термодинамічних ефектів. Для наночастинок необхідно враховувати також залежність поверхневого натягу від розмірів частинок. Поверхнева енергія, зокрема, впливає на термодинамічні умови фазових перетворень. У наночастинках можуть виникати фази, які не існують у цій речовині в масивному стані.

Особливу увагу слід звернути на структуру кластерів – частинок, що містять менше  $2 \cdot 10^3$  атомів (гігантські кластери можуть містити до 20 тисяч атомів). Відмінною рисою кластерів є немонотонна залежність властивостей від кількості атомів у них. У нанокристалічних дисперсних і об'ємних матеріалах така залежність відсутня, але з'являється залежність властивостей від розміру часток (зерен, кристалітів). Кластер є групою з невеликої (рахункової) і, загалом, змінної кількості взаємодіючих атомів, іонів або молекул. Мінімальна кількість атомів у кластері – два.

Теоретичні розрахунки засвідчили, що поряд з ГЦК структурою, що властива масивному кристалу, кластери можуть мати кристалографічну симетрію, для якої характерні осі симетрії  $n$ 'ятого порядку. Під час моделювання структури малоатомних кластерів враховують два основні положення:

1. Кластери повинні мати щільну упаковку і бути побудовані з найпростіших стабільних атомних конфігурацій;
2. Кластери повинні бути енергетично стійкими. Як структурні елементи кластерів зазвичай розглядають тетраедр, октаедр, куб, кубооктаедр, пентагональну піраміду та ікосаедр.



*С.А Рисенко., студент, Т.В.Носова, к.т.н., доцент,  
С.І. Мамчур, к.т.н., доцент, С.О. Полішко, доц., к.т.н.  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
[sleepingdog.sd@gmail.com](mailto:sleepingdog.sd@gmail.com)*

## **ВИКОРИСТАННЯ НАНОЧАСТОК ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ РІЗУЧИХ ІНСТРУМЕНТІВ**

Використання наночастинок для покращення властивостей різальних інструментів є перспективною технологією, що передбачає використання наноматеріалів для поліпшення якості різальних інструментів та забезпечення їх тривалого терміну служби. Наночастки можуть бути використані для зміни фізичних та хімічних властивостей матеріалу різального інструменту, таких як міцність, твердість, опір зносу та корозії.

Один зі способів використання наночастинок полягає у додаванні їх до матеріалу, з якого виготовлений різальний інструмент. Наприклад, додавання наночастинок карбіду кремнію до сталі може покращити її міцність та зносостійкість, що забезпечує тривалий термін служби інструмента. Крім того, додавання наночастинок може покращити опір корозії та зменшити тертя між інструментом та оброблюваною поверхнею.

Інший спосіб використання наночастинок полягає у покритті різального інструменту тонким шаром наноматеріалу, наприклад, алмазів або діоксиду кремнію. Це покриття може зменшити тертя між інструментом та оброблюваною поверхнею, покращити міцність інструмента та забезпечити його тривалий термін служби.

Використання наночастинок для покращення властивостей різальних інструментів має великий потенціал у багатьох галузях, таких як металургія, авіаційна та автомобільна промисловість, медична технологія та інші. Окрім покращення властивостей різальних інструментів, використання наночастинок може також знизити витрати на їх виготовлення, збільшити продуктивність та знизити кількість відходів. Також можливо використовувати наночастки для розробки інноваційних різальних інструментів, які будуть відповідати вимогам сучасного виробництва.

Отже, використання наночастинок для покращення властивостей різальних інструментів є перспективною технологією, яка може забезпечити покращення продуктивності та зменшення витрат на виготовлення різальних інструментів у різних галузях промисловості. Однак, перед впровадженням цієї технології потрібно провести додаткові дослідження щодо впливу наночастинок на властивості матеріалів та довкілля, а також вирішити технічні та етичні проблеми.

*Д. Смірнов, студент, С.І. Мамчур, к.т.н., доцент, Т.В. Носова, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
[suhomlin92@gmail.com](mailto:suhomlin92@gmail.com)*

## ПРИНЦИПИ БУДОВИ ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОТРУБОК

Вуглецеві нанотрубки можуть бути одношаровими (одностінними) і багатшаровими (багатостінними). Формування одношарових можна подати як процес згортання смуг плоскої атомної сітки графіту (графена) в безшовні циліндри, торці яких зазвичай закриті напівсферичними ковпачками. Одношарові нанотрубки складаються з шестикутних осередків на бічній поверхні циліндра і п'яти- і шестикутних на торцевих півсферах. Напівсферичні ковпачки – це ніби частини (“половинки”) фулеренів  $C_{60}$ . Через комбінації з п'яти- і шестикутників на кінцях нанотрубок можна розглядати їх як граничний випадок фулеренів, довжина поздовжньої осі яких значно перевищує діаметр. Зазвичай діаметр одношарових нанотрубок становить від 0,8 до 5,0 нм, а довжина – від 1 до 500 мкм. Торці нанотрубок можуть бути закриті не тільки напівсферичними, але і конічними ковпачками.

Існують три різновиди нанотрубок, що розрізняються характером розташування шестикутників на бічній поверхні до поздовжньої осі нанотрубок:

- нанотрубки типу “крісло”, в яких дві протилежні сторони кожного шестикутника розташовані до осі с під кутом  $90^\circ$  (орієнтовані перпендикулярно до осі нанотрубки);
- нанотрубки типу “зигзаг”, в яких дві протилежні сторони кожного шестикутника розташовані до осі с під кутом  $0^\circ$  (орієнтовані паралельно осі нанотрубки);
- хіральні, або спіральні, в яких кожна пара протилежних сторін шестикутників розташована до осі с під кутом, відмінним від  $0$  і  $90^\circ$ .

Формування структури нанотрубок можна умовно розглядати як процес, що складається двох стадій: розрізання навпіл сфери фулерена  $C_{60}$  і розташування графенового циліндра між двома утвореними половинками. При цьому, розрізаючи фулерен уздовж осі п'ятого порядку, отримуємо нанотрубку типу “крісло”, тоді як розрізаючи його паралельно одній з осей третього порядку, – нанотрубку типу “зигзаг”. Подібно можна сформуувати нанотрубки, закриті половинками фулеренів, що складаються з більш ніж 60 атомів.

Багатшарові нанотрубки порівняно з одношаровими мають складнішу будову.

Композити, армовані вуглецевими нановолокнами і фулеренами, розглядають як перспективні матеріали для роботи в умовах ударних динамічних впливів, зокрема для броні і бронжилетів, та інших конструкційних матеріалів.

*А. О Сокольський, студент, О.С. Петрашов, старший викладач  
Національний університет «Запорізька політехніка»  
[04rauchen11@gmail.com](mailto:04rauchen11@gmail.com)*

## НАНОМАТЕРІАЛИ У ВІЙСЬКОВІЙ ТЕХНІЦІ

**Анотація:** Показано можливе застосування наноматеріалів, як новий клас композиційних матеріалів, у оборонній та військовій галузях. Розглянуто механічні властивості наноматеріалів у порівнянні з існуючими конструкційними.

**Annotation:** The possible application of nanomaterials as a new class of composite materials in defense and military industries is shown. The mechanical properties of nanomaterials in comparison with existing structural ones are considered.

Ключові слова: Нановолокна, нанопорошки, матеріали з пам'яттю форми, військова техніка.

keywords: Nanofiber, nanopowder, shape memory materials, military technique.

Композиційні матеріали широко використовуються в оборонній промисловості. Наприклад, для підвищення міцності та зменшення маси авіаційної техніки все більше застосовують пластики, що армовані скло- та вуглецевими волокнами. Розвиток нанотехнологій за останні десятиріччя дав можливість створення цілком нового класу матеріалів – нанокмполітиків або композитів з додаванням нановолокон і нанопорошків [1]. Це дало можливість майже удвічі збільшити їх пружність та твердість, на 50 % підвищити міцність і пластичність, а також у 10 разів знизити їх проникність для різних рідких речовин. Також можливо створювати гібридні матеріали, за рахунок чередування тонких шарів жорстких та пластичних полімерів, які дозволять виготовляти дуже легкі і прозорі щити для індивідуального захисту.

Композити з додаванням вуглецевих нанотрубок мають виключно високу міцність при розтяганні (границя міцності вуглецевої нанотрубки у 50 разів вище за границю високоміцної сталі), що дозволяє виготовляти на їх основі якісно нові, високоміцні та дуже легкі конструкційні матеріали і вироби [2].

Такі багатофункціональні полімерні матеріали знаходять застосування у військовій та аерокосмічній техніці для виготовлення двигунів для ракет та літаків, динамічних конструкцій, які мають змогу розгортатися у просторі (матеріали з пам'яттю форми), а також при виробництві багатьох стандартних предметів військового обладнання (резервуари, каски, шини тощо) [3].

Взагалі у військовій справі наноматеріали застосовуються:

- у якості радіопоглинаючого покриття (літаки – невидимки «Стелс»);
- у нових видах вибухової зброї (графітова бомба, що містить вуглецеві нановолокна);
- для удосконалення властивостей (зниження маси, підвищення міцності) стрілецької та ствольної зброї;
- для поступової заміни металів нановуглецевими композитами.

В цілому нанотехнології безупинно стають ключовою галуззю для створення надсучасних і надефективних засобів озброєння та зв'язку.

### Список використаних джерел

1. Витязь П.А., Свидунович Н.А. Основы нанотехнологий и наноматериалов. Минск: Вишэйшая школа. 2010. 302 с.
2. Калинина Н.Е, Калинин В.Т., Вилищук З.В., Калинин А.В., Кавац О.А. Наноматериалы и нанотехнологии: получение, строение, применение. Дн-ск: Изд-во Маковецкий, 2012. 192 с.
3. Ирмухаметова Г.С. Основы технологии полимерных материалов. Уч. пос. Алматы, 2016. 163 с.

УДК 621.002.3; 678.029.46.544.733; 621.002.3:666.3-121;

Д. М. Тонконог, аспірант<sup>2</sup>, В. Г. Міщенко, д.т.н., професор<sup>1</sup>, А. О. Кріпак, аспірант<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний університет «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup>Запорізький національний університет

[tonkonohd@gmail.com](mailto:tonkonohd@gmail.com)

## ФОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРИ ЛЕГУВАННІ ВИСОКОМІЦНОГО СПЛАВУ ВК-8 НАНОПОРОШКОМ NbC

Збільшення швидкості різання залишається важливим і актуальним питанням у технологічному процесі виготовлення високоточних деталей складної форми. Для цього створюються матеріали з високими показниками твердості, теплостійкості, і відповідно, зносостійкості. Одним з таких матеріалів є сплав ВК-8, який виготовляється методом гарячого спікання порошку із заданою дисперсністю та має наступні механічні властивості:  $\sigma_b = 1666$  МПа, HRA = 88, теплостійкість 800 -1000 °С, KCU =  $35 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2}$ . Цей сплав використовують для виготовлення інструментів: швидкозношуваних деталей, валів для прокату, пуансонів, штампувальних форм, калібрувального обладнання, токарного, свердильного, фрезерного, зенкерного інструменту, виробів для проведення чистових і чорнових робіт з титановими і алюмінієвими сплавами, сталями з високою корозійною тривкістю, стійкістю до температурних впливів, чавуном, латунню, бронзою. Для підвищення швидкості виконання робіт і зменшення зносу при виборі інструменту враховується зернистість металу. Велико-зернистий матеріал використовують для чорнкової обробки жароміцних сталей, дрібнозернистий застосовують для чистової обробки поверхні сталі, чавуну, фторопластину, алюмінію, бронзи.

Складові ріжучих інструментів виготовляють у вигляді напайних чи змінних пластин, або суцільних різновидів. Механічні параметри покращують завдяки обробленню поверхні (газове напилення, шліфування тощо). Границю міцності пластини підвищують за допомогою шліфування алмазним кругом, що також сприяє підвищенню зносостійкості. Для виготовлення ріжучих зубчатих дисків 130 мм, товщиною 0.9мм розроблено високоміцний сплав Б12ВК-8 із додаванням у суміш для спікання нанопорошку карбиду ніобію (NbC) в кількості 12% мас. В результаті випробувань при нарізанні отворів радіаторної стрічки із алюмінію зносостійкість дисків із розробленого сплаву підвищилась на 15-30% у порівнянні із дисками, які виготовляють із сплаву ВК-8 різними виробниками.

### Список використаних джерел

1. Режим доступу: <https://pobedit.com.ua/standarts/articles/43-hard-alloys/201-hard-alloys-classification-history-purpose-comparison.html>
2. Мазур М.П. Основи теорії різання матеріалів : підручник [для вищ. навч. закладів]/ М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, В.Л. Доброскок, В.О. Залога, Ю.К. Новосьолов, Ф.Я. Якубов ; під заг. ред. М.П. Мазура. – 2-е вид. перероб. і доп. – Львів : Новий світ-2000, 2011. – 422 с
3. Структура, властивості та використання конструкційних наноматеріалів / Н. Є. Калініна, Г. М. Никифорчин, О. В. Калінін, В. Т. Маруха, В. І. Кирилів. – Львів: Простір – М, 2017. – 304 с.

*Н.І. Цокур, аспірантка<sup>1</sup>, О.В. Калінін, науковий співробітник<sup>2</sup>*  
*<sup>1</sup>Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*  
*<sup>2</sup>Придніпровська державна академія будівництва та архітектури*  
[monicaa13.06@gmail.com](mailto:monicaa13.06@gmail.com)

## **ВПЛИВ НАНОМОДИФІКУВАННЯ НА СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ТА ВЛАСТИВОСТІ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ**

Створення дисперсних матеріалів безпосередньо пов'язано з розробкою і застосуванням нанотехнологій. На установках плазмохімічного синтезу можна отримувати широкий спектр нанодисперсних сполук, а саме: карбіди, нітриди, карбонітриди, силіциди різних елементів (Si, Al, Ti, V, Mo, W та ін.), а також нанодисперсні порошки чистих металів.

У вітчизняному машинобудуванні широко застосовують нержавіючі сталі, ливарні і деформовані алюмінієві та магнієві, титанові та нікелеві сплави. Для відповідальних деталей машинобудування можуть бути корисні перспективні напрямки з обробки наномодифікаторами сплавів різних систем легування.

Матеріалом дослідження є алюмінієві сплави АЛ9, АЛ12. Запропоновано модифікування алюмінієвих сплавів дисперсним порошком розміром часток до 200 нм. З урахуванням принципу про кристалографічну і розмірну відповідність ізоморфності кристалічних решіток алюмінію і тугоплавких сполук встановили, що модифікаторами алюмінієвих сплавів можуть бути карбіди кремнію, ніобію і бору, а також карбіди і нітриди титану, цирконію. Як ефективний модифікатор ливарних алюмінієвих сплавів запропоновано дисперсний порошок  $V_4C$  розміром часток до 200 нм, який отримано методом високотемпературного плазмохімічного синтезу.

Для нерозчинних додатків, ізоморфних до алюмінію, аналогічність впливу розчинних елементів дотримується лише тоді, коли кількість нерозчинного додатку перевищує кількість кристалів, що утворилися довільно за тих самих умов. Таким чином, зі збільшенням кількості нерозчинного додатку, зокрема частинок карбіду кремнію, розмір зерна спочатку зменшується, а потім буде постійним.

Для визначення оптимальної кількості модифікатора карбіду кремнію виконали промислові плавки та випробування зразків, що пройшли термічну обробку за режимом Т6 (гартування і штучне старіння).

Подальше збільшення кількості модифікатора  $V_4C$  від 0,10 до 0,25% в сплаві АЛ12 суттєво не впливає на механічні властивості, а за вмісту більше 0,25%  $V_4C$  незначно знижується параметр  $\sigma_B$ .

Таким чином, механічні характеристики ливарного алюмінієвого сплаву АЛ12 значно підвищуються з введенням у розплав 0,1 мас. % нанодисперсних частинок карбіду бору. Якість ливарних алюмінієвих сплавів під час модифікування залежить від багатьох чинників: природи дисперсної фази, температури розплаву, режимів його перемішування під час введення частинок. Під час вивчення впливу температури на ступінь засвоєння тугоплавких частинок  $V_4C$  встановлено, що за певної для даного розплаву температури спостерігається максимум засвоєння частинок. Характерною особливістю результатів досліджень, виконаних з різними тугоплавкими композиціями в алюмінієвих сплавах, є досягнення максимуму засвоєння частинок за нижнього значення температури розплавів.

*Н.І. Цокур, аспірантка, Н.С. Калініна, д.т.н. професор  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
[monicaa13.06@gmail.com](mailto:monicaa13.06@gmail.com)*

## **ОСОБЛИВОСТІ МІКРОЛЕГУВАННЯ АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ СКАНДІЄМ МОДИФІКОВАНОГО НАНОКОМПОЗИЦІЯМИ**

Після численних теоретичних та експериментальних робіт, присвячених алюмінієвим сплавам тривалий час вважали, що подальше підвищення властивостей міцності алюмінієвих сплавів неможливе. Проте в останні два десятиліття досягнуто успіхів завдяки легуванню сплавів скандієм. У зв'язку з цим стало можливим подальше підвищення комплексу властивостей алюмінієвих сплавів та отримання дисперсних структур зі зміцнюючими фазами.

Найбільшою міцністю нині володіють сплави системи Al-Zn-Mg-Cu. Мікрولهгування скандієм дозволило не тільки підвищити міцність і пластичність сплавів, а й поліпшити технологічні властивості: зварюваність і оброблюваність, і навіть корозійні властивості.

Аналіз діаграми стану Al-Sc дозволив встановити що, незначний температурний інтервал кристалізації ( $5^{\circ}\text{C}$ ); помітна гранична розчинність 0,4% ваг; пологий ліквідус заевтектичних сплавів. Все це дає підставу припустити можливість утворення пересичених твердих розчинів скандію в алюмінії за відносно невисоких швидкостей кристалізації, близьких до промислових умов отримання сувоїв.

В результаті загартування сплавів системи Al-Sc, що містять 0,3% скандію, від температури  $620^{\circ}\text{C}$  різкого охолодження зі швидкістю  $100^{\circ}\text{C}/\text{c}$  і вище не відбувається розпаду твердого розчину з виділенням частинок інтерметаліду  $\text{Al}_3\text{Sc}$ . У процесі старіння загартованих металів виділяються вторинні частки  $\text{Al}_3\text{Sc}$ . Оптимальна температура старіння становить  $300^{\circ}\text{C}$ .

Особливість впливу скандію на метали алюмінію пояснюється електронною будовою скандію.

Після кристалізації проводили гомогенізацію злитків при  $470^{\circ}\text{C}$  протягом 8 год, що значно впливало на формування однорідної структури і стабілізацію властивостей. У процесі гомогенізації сплаву В96, модифікованого скандієм, з великою швидкістю відбувається розпад твердого розчину Sc в алюмінії. Температурно-часові умови гомогенізації вибирали виходячи з даних диференціального термічного аналізу та статистичної обробки результатів механічних випробувань.

Механічні властивості зразків сплаву визначали у стані гарту та штучного старіння ( $110^{\circ}\text{C}$ ,  $4\text{г} + 160^{\circ}\text{C}$ ,  $8\text{г}$ ). Мікроструктура негомогенізованих злитків сплаву В96Ц1 мала грубу дендритну будову - твердого розчину з великими виділеннями інтерметалідних фаз по межах дендритних осередків. Після гомогенізації збільшилася дисперсність дендритів, розмір дендритного осередку порівняти з розміром зерна, тобто 40...50 мкм. В результаті модифікування скандієм смуг різотравності не спостерігали і анітропія за характеристиками міцності зменшилася.

# **ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ**

**Санін Анатолій Федорович**  
доктор технічних наук, професор



*С.О. Бізун, начальник сектора  
ДП «КБ «Південне» ім. М.К.Янгеля»  
[bigun3008@gmail.com](mailto:bigun3008@gmail.com)*

## **СИНТЕЗ КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ СТВОРЕННЯ ВУЗЛІВ СТИКУВАННЯ СИСТЕМ ТЕРМОСТАТУВАННЯ КОСМІЧНИХ РАКЕТ-НОСІЇВ**

Однією з найбільш важливих систем для підготовки і забезпечення пуску ракет-носіїв з корисним вантажем у головному блоці є система термостатування (СТ), трубопроводи якої приєднуються до горловин ракети з допомогою вузлів стикування (ВС), які є кінцевою ланкою забезпечення заданих параметрів у сухих відсіках і головному блоці. Автором вивчений і проаналізований доступний досвід закордонних компаній щодо використовуваних технічних рішень аналогічного призначення, що в основному характеризуються конструктивною складністю, наявністю у ВС великої кількості металевих деталей точної механіки переважно одноразової дії з сильним впливом на ракету при старті через велике зусилля від'єднання і ін., що в разі відміни пуску потребує значного часу для повторної підготовки до пуску.

Метою даної роботи було створення більш простих, надійних і багатофункціональних ВС. На основі комплексу теоретичних, практичних досліджень і математичних розрахунків розроблена нова комбінована конструкція ВС з використанням конструкційних матеріалів з різними технічними властивостями, використання комбінації яких дозволило розробити принципово новий концептуальний підхід створення ВС з відповідними конструкторсько-технологічними рішеннями на базі гумового рукава триєдиної конструкції з металевим механізмом фіксації-розфіксації (патенти на винаходи від 10.12.2019 № 120445 і № 120469 та патент на корисну модель від 27.07.2020 № 143346). Даний підхід максимально враховує параметри, що висуваються до вказаних ВС, які забезпечили надійну ефективність у процесі випробувань на спеціальному стенді в умовах наближених до експлуатаційних, включаючи екстремальні.

Практичне значення отриманих результатів наукової праці полягає в тому, що: створені і досліджені принципово нові конструкції ВС, запропоновано ефективний метод проектування ВС з бортом КР з використанням конструкційних матеріалів з різними технічними властивостями, синтез яких сприяв розробленню високоєфективних конструкторсько-технологічних рішень, використаних в конструкціях ВС. В результаті досліджень отримано емпіричні залежності між зусиллям від'єднання й кутом розташування ВС по відношенню до приймальної горловини ракети-носія, підтверджено тривалу роботоздатність з використанням принципу температуро-часової суперпозиції. Основні результати й рекомендації роботи реалізовані в ДП «КБ «Південне» ім. М.К. Янгеля», а також у навчальному процесі в ДНУ ім. О. Гончара, що підтверджено відповідним чином оформленими актами.

Д.М. Бондар, начальник сектора, М.В. Краєв, к.т.н., заст. начальника відділу  
Державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне»

[dniprodb@gmail.com](mailto:dniprodb@gmail.com)

## ВАКУУМНА СИСТЕМА ДЛЯ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ НА ДЕТАЛІ РАКЕТНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ

Анотація: Представлений процес створення нового вакуумного устаткування для перспективної технології іонно-плазмового осадження покриттів.

Abstract: The process of creating new vacuum equipment for the promising technology of cathodic arc deposition of coatings is presented.

Ключові слова: вакуумна камера, осадження, насос, випарник.

Key words: vacuum chamber, deposition, pump, vaporizer.

Камера згорання рідинного ракетного двигуна випробовує значне теплове навантаження в процесі роботи двигуна. Для збільшення ресурсу роботи двигуна камера згорання покривається захисним жаростійким і корозійностійким покриттям [1]. Освоєння технології іонно-плазмового осадження покриття вимагає створення нового вакуумного устаткування. Створена вакуумна установка вертикального типу для нанесення покриттів методом іонно-плазмового осадження на внутрішню поверхню порожнистих виробів діаметром до 200 мм та довжиною до 1000 мм, яка є частиною стенду вакуумних випробувань малогабаритних виробів. До складу установки входять: вакуумна камера з системою вакуумування, випарник з магнітною системою, система електроживлення і управління, система охолодження [2]. Робочий тиск в камері ( $10^{-5}$  мм.рт.ст.) створюється за допомогою вакуумних насосів фірми Leybold [3]: форвакуумного SCROLLVAC SC60D і турбомолекулярного TURBOVAC 1000 C250.



### Список використаних джерел

1. Желтов П.Н., Дюков В.И., Семенов Л.П., Харченко В.В. Разработка современных технологий и оборудования для производства ракетно-космической техники // Космична наука і технологія. 2014. Т. 20. № 6. С. 19–26.
2. Розанов Л.Н. Вакуумная техника: учебник для вузов. 3-е издание, перераб. и доп. – М.: Высшая шк., 2007. – 391 с.
3. URL: <https://www.leybold.com/en/products/vacuum-pumps> (дата звернення: 13.02.2023).

*І.О. Мамчур, аспірант, А.Ф. Санін, д.т.н. професор, С.І. Мамчур к.т.н доцент  
ДНУ ім. Олеся Гончара, Дніпро  
[mamchurmoney@gmail.com](mailto:mamchurmoney@gmail.com)*

## **МЕТОДИКА КОРОЗІЙНИХ ВИПРОБУВАНЬ ЕЛЕКТРОДІВ ІЗ РІЗНОРІДНИХ МАТЕРІАЛІВ**

В роботі досліджені електроди з платини і титану. Їх використовують у ряді електрохімічних процесів за різних умов електролізу, наприклад: для катодного захисту і отримання активного хлору з морської води за допомогою електролізерів Корозійна стійкість титана, як у повітряній атмосфері, так і у різних водних розчинах, обумовлена наявністю на його поверхні захисної плівки окисного типу. Пробій струмом окисної плівки на титані є основним фактором, який визначає конструкцію системи катодного захисту з вкритим платиною титаном. Для титана ця величина не повинна бути вища 8В.

Для дослідження корозійної стійкості біметалевого електрода використовували титанові електроди покриті платиною з метою отримання активного хлору у різноманітних, за своєю конструкцією, електролізерах.

Характеристика випробувань електродів: швидкість потоку електроліта - 12 м/с; вихід за струмом - 72.5%; довготривалість іспитів -  $144 \cdot 10^5$  с; щільність струму на електроді - 3000 А/м<sup>2</sup>;

Для іспитів розроблені схеми електролізерів, засоби для силового навантаження і локального термічного впливу на зразок. В теперішній час використовують методи неруйнівного контролю виробів: ультразвукові, рентгенівські, радіографічні, магнітні, люмінесцентні на інші. У багатьох випадках ці методи повністю не задовольняють потреби, які потребує промисловість. За цими методами важко визначити з потрібною точністю концентратори напружень, навіть у відомих дефектах. Важкість обумовлена випадковістю характера і малими областями локалізації дефектів, значною шороховатістю поверхні самої конструкції.

Інтерферометрія має ряд важливих особливостей. У звичайному інтерферометрі порівняння двох світлових хвиль проходить одночасно, або з дуже малим сдвигом за часом, необхідним часов когерентності.

Експерименти свідчать, що для рішення кожної конкретної задачі необхідно обрати оптимальний спосіб навантаження об'єкта, який дозволяє найбільш ефективно зясувати очікувані дефекти.

*І.О. Мамчур, аспірант, А.Ф Санін, д.т.н. професор, С.І. Мамчур к.т.н доцент  
ДНУ ім. Олесь Гончара  
[mamchurmoney@gmail.com](mailto:mamchurmoney@gmail.com)*

## **ПРИНЦИПИ ВИБОРУ МАТЕРІАЛУ ПРОМІЖНОГО ПРОШАРКУ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ РІЗНОРІДНИХ МАТЕРІАЛІВ У ТВЕРДІЙ ФАЗІ.**

Проміжні прошарки використовують для активізації процесу зварювання різнорідних матеріалів, а також для виконання спеціальних функцій під час експлуатації зварювальних конструкцій. Існує ряд моделей, які описують особливості фізичних процесів, які визначають утворення фізичного контакту та активізації поверхні контакту..

На підставі багаточисельних досліджень з використанням оптичної фрактографії, металографічних та інших досліджень. Встановлено, що фізичний контакт визначається: тиском деформування мікровиступів; температурою, яка визначає підвищення пластичності мікровиступів і заростання несущільності за рахунок дифузії. Модель утворення фізичного контакту описує процес з урахуванням механізму пластичної деформації з визначенням залежностей між швидкістю деформації та параметрами зварювання.

Рішення питань твердофазної взаємодії в катодних вузлах між емітером і підтримуючою арматурою може значно підвищити строк експлуатації, якість і надійність пристроїв термокатодів. В якості матеріалів проміжного прошарку запропоновано використання титану або цирконію.

Під час утворення дифузійного з'єднання гексаборида лантана з титаном, за рахунок дифузії бору. Функціональні особливості бору складаються у забезпеченні зварювання за рахунок його дифузії в титан. Утворення боридів титану забезпечує підвищення термостійкості з'єднання.

Цирконій має гарну пластичність, здатність утворювати бориди. Аналогічно титану, зі сторони гексабориду лантану, роль прошарку цирконію буде виражатись у інтенсифікації дифузії бору в цирконій з утворенням боридів, які підвищують термостійкість.

Таким чином, в роботі досліджені процеси, які утворюються під час дифузійного зварювання гексабориду лантану з прошарками титану та цирконію. Проведено порівняння властивостей дифузійної зони, досліджено мікроструктуру та механічні властивості.

Р.В. Подольський<sup>1,3,4</sup>, С.В. Аджамський<sup>1,2</sup>, PhD., Г.А. Кононенко<sup>1,3</sup> д.т.н  
<sup>1</sup> LLC «Additive Laser Technology of Ukraine»

<sup>2</sup> Інститут транспортних систем і технологій НАН України

<sup>3</sup> Інститут чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАН України

<sup>4</sup> Український державний університет науки і технологій, Україна, Дніпро  
[rostislavpodolskij@gmail.com](mailto:rostislavpodolskij@gmail.com)

## ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ПІДТРИМОК ТА ЇХ КІЛЬКОСТІ НА ТЕПЛОВІДВЕДЕННЯ ВІД ОБЛАСТІ DOWN-SKIN ПРИ СЕЛЕКТИВНОМУ ЛАЗЕРНОМУ ПЛАВЛЕННІ

Адитивне виробництво, зокрема селективне лазерне плавлення (СЛП) - сучасний метод виготовлення деталей та вузлів складної геометрії з металевого порошку, які складно або неможливо відтворити в умовах традиційного виробництва.

Мета: Встановлення раціональних режимів побудови підтримок різних типів для горизонтальних пластин. Підтримки в комплексі типів сітка + конуси. Особливістю даного експерименту було розташування конусних підтримок щодо контуру зразків (рис. 1).

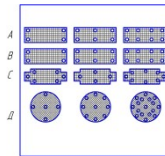


Рисунок 1 – Схема розташування конусних підтримок

При візуальному аналізі всіх досліджуваних підтримок було зазначено, що вони мають області «рудого» кольору, цим підтверджується відсутність перегріву.

Слід зазначити, що у всіх досліджуваних зразках є несучільності у вигляді непроплаву, велика кількість яких посідає на області нерівностей бічних граней відповідно до тіла. Імовірно, це пов'язано з нерівномірною вентиляцією всередині робочої камери, оскільки це явище спостерігалось з боку сліпої зони потоку обдуву, у меншій мірі – з боку подачі аргону.

При візуальному огляді всіх надрукованих зразків спостерігаються у крайових ділянках виступи кордонів над основним тілом, що говорить про незначну зміну геометрії (не більше 0,1 мм).

При візуальному огляді всіх зразків спостерігалася видима перехідна зона підтримки – down-skin, що має невелику область «рудого» кольору, більш детальна оцінка даного ефекту, що спостерігається буде описана після проведення дослідження мікроструктури і дослідження в полірованому стані.

### Висновок

Якість зразків, виготовлених в межах проведення експерименту можна вважати «задовільним». Грунтуючись на аналізі області down-skin можна стверджувати, що підтримки, одним із завдань яких є тепловідведення, успішно впоралися з даним завданням.

*Д.В. Савінкін, студент, І.І. Карпович, к.т.н., доцент  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
[spune97@gmail.com](mailto:spune97@gmail.com)*

## ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ОБРОБКИ ГЛИБОКИХ ОТВОРІВ У ТОВСТОСТІННИХ ДЕТАЛЯХ

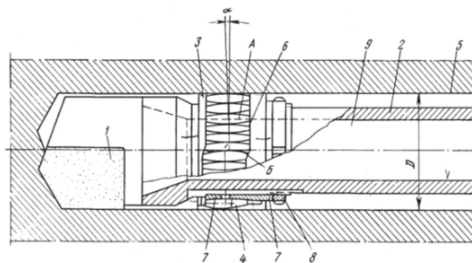
В роботі розглядається обробка глибоких наскрізних отворів. Було встановлено, що для виконання обробки такого типу раціональніше використовувати комбінований інструмент:

Використання комбінованого інструменту підвищує ефективність обробки глибоких отворів за рахунок виконання декількох операцій за один прохід.

Зменшення кількості операцій: замість використання окремих інструментів для свердління, розгортання, розточування, хонінгування або обкатування, один комбінований інструмент може виконувати деякі операції за один прохід, хоч і з меншими режимами різання. Це економить час і знижує витрати за рахунок зменшення кількості змін інструментів, час на встановлення та налагодження кожного інструменту і часу, витраченого на кожну операцію окремо. Специфіка інструменту дозволяє уникнути витрати часу на попередні, перед фінішною обробкою, операції.

Покращений контроль процесу: комбіновані інструменти часто містять функції, які полегшують моніторинг і контроль процесу. Наприклад, деякі комбіновані інструменти можуть містити датчики, які можуть виявляти знос інструменту, або програмне забезпечення, яке може контролювати швидкість інструменту та швидкість подачі.

Краща точність отриманої поверхні за рахунок додаткових механізмів позиціонування інструменту. Інструмент має динамічну базу, яка розташована близько до зони різання, за рахунок встановлення спеціальних роликів (див.рис.1) в корпус, які котяться по стінкам отриманого отвору, що забезпечує стабільність інструменту та зменшення вібрацій.



1 – різцева головка; 2 – корпус; 3 – напрямна; 4 – ролик; 5 – стінка отвору; 6 – гвинтовий замкнутий паз;  
7 – конусне кільце; 8 – гайка; 9 – осьовий канал для відведення МІТЗ

Рисунок 1 – Свердло для глибокого свердління із самоподачею

За висновком маємо, що використання комбінованого інструменту переважає у швидкості виготовлення готової деталі, яка обмежується швидкістю операції чистої обробки, точності обробки за рахунок додаткового базування. Але має й

недоліки. В основному це вартість такого інструменту і вища кваліфікація верстатника.

#### **Список використаних джерел**

1. Центральний науковий вісник. Технічні науки 2019, вип 1(32)
2. Tool wear monitoring by ensemble learning and sensor fusion using power, sound, vibration, and AE signals .Manufacturing Letters Volume 30, October 2021, Pages 32-38

Відокремлений структурний підрозділ "Криворізький  
фаховий коледж Національного авіаційного  
університету"

**МАТЕРІАЛИ ІІ МІЖНАРОДНОЇ  
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ  
«АВІАЦІЯ ТА КОСМОНАВТИКА»**



*A.O. Akhmerov, O.Y. Akhmerov*  
*Odessa National University named after I. I. Mechnikov,*  
[oleksandr.akhmerov@onu.edu.ua](mailto:oleksandr.akhmerov@onu.edu.ua)

### MY OWN WAY

Each country has its own unique, unrepeatable and long-lasting history, so does Ukraine. However, in 2014 Russian Federation started the process of drastically rewriting it with the annexation of Crimea in the first place. Subsequently, now in 2022, that process continued with the new stage: a full-scale invasion of Ukraine. As a result, millions of people had to move somewhere else from the danger: military missiles striking hundreds and hundreds of apartment buildings, severely injuring or even killing not only adults, but children as young as three-month. That crime must definitely be addressed and those responsible will be brought to justice. However the punishment will be, I must stand for Ukraine too and work out in advance the ways of how I can personally help its economic and citizens after the war, as well as the plan of the things I can do now to draw even more attention to this war.

Firstly, as of 28 April, the war has not ended yet, therefore I can not fully help Ukraine. However, I have been actively taking part in raising the awareness of the situation of my non-Ukrainian friends. Moreover, I helped to distribute the proofs of the Russian army's war crimes over the Internet. Secondly, another noteworthy point is my parents' and mine regular donations to charity organizations as well as to Ukrainian army. In my opinion, the stronger our army is, the faster we, Ukrainians, will be able to rebuild and help our country to prosper with renewed vigour.

Speaking of the plan of actions which I will take to help my fellow citizens and Ukrainian economic after I graduate. First things first, the need for digitalization has been for several years. Despite there has been a significant increase in the number of different services that now can be accessed via smartphone, nevertheless not all the paperwork has been digitalized yet. Therefore, there is plenty of work that is yet to be done. Another age-old problem is corruption. If everything is digital there will be no possibility to buy a forged passport or a fake vaccination certificate. Therefore, this completely eliminates the issue of unfair civil service workers. With the continuation of development of so-called 'Ukraine in smartphone', the vast majority of people are already able to view their citizen ID-cards, foreign passports, etc. The digital paperwork can be accessed via an app called 'Diia' and is completely legitimate and is accepted anywhere in Ukraine. Fortunately, I can indeed help Ukraine to make it through not by wasting time by doing nothing in terms of graduation, but continuing to study somewhere else.

I will definitely do my best to help to rebuild not only Ukraine, but its economy by minimizing the consequences of Russia's aggression. As well as by using IT knowledge acquired in the University to digitalize the structures of our government in order to completely get rid of corruption because everything will be transparent.

*А.О. Ахмеров, студент, О.Ю. Тюрин, доктор фіз.-мат. наук, ст. наук. співр.  
Одеський національний університет імені І.І.Мечникова  
[andrey.akhmerov9@gmail.com](mailto:andrey.akhmerov9@gmail.com)*

## **«ХМАРНІ» ТЕХНОЛОГІЇ В ІТ – ПЕРЕВАГИ ТА ПРОБЛЕМИ**

Правильно розуміти «хмару» як метафору віддаленого технологічного датацентру, до якого надається доступ на основі оплати pay-as-you-go (оплата за фактичне використання наданої технології). Таким чином, програмне забезпечення фактично надається користувачеві як сервіс. Користувачеві хмарних технологій не потрібно дбати ні про інфраструктуру, ні про фактичне програмне забезпечення, «хмара» успішно приховує всі технічні та програмні деталі.

Перші ідеї щодо використання хмарних технологій як публічної послуги були запропоновані ще у 1960-х відомим вченим у галузі інформаційних технологій, винахідником мови Lisp, професором МІТ та Стенфордського університету Джоном Маккарті (John McCarthy). Поява першої технології, наближеної до сучасного розуміння терміна «cloud computing», приписується компанії Salesforce.com, заснованій у 1999 році. Саме тоді і з'явилася перша пропозиція нового виду b2b продукту «Програмне забезпечення як сервіс» («Software as a Service», «SaaS»). Певний успіх Salesforce в цій галузі порушив інтерес у гігантів ІТ індустрії, які спільно повідомили про свої дослідження в галузі хмарних технологій. І ось уже перше бізнес-рішення під назвою «Amazon Web Services» було запущено 2005 року компанією Amazon.com, яка з часів кризи доткомів активно займалася модернізацією своїх датацентрів. Наступним свою технологію поступово ввела Google, розпочавши з 2006 року b2b пропозицію SaaS сервісів під назвою «Google Apps», а потім і моделі надання платформи як сервісу (PaaS) під назвою «Google App Engine». І, нарешті, свою пропозицію анонсувала компанія Microsoft, презентувавши її на конференції PDC 2008 під назвою «Azure Services Platform».

На даний момент більшість хмарних інфраструктур розгорнуто на серверах датацентрів, використовуючи технології віртуалізації, що фактично дозволяє будь-якому додатку використовувати обчислювальні потужності, абсолютно не замислюючись про технологічні аспекти. Тоді можна розуміти «хмару» як єдиний доступ до обчислень з боку користувача.

*С.С. Бердник, студент; Р.В. Міненко, к.ф.-м.н., викладач,  
О.В. Щигрінцова, викладач-методист  
Відокремлений структурний підрозділ  
«Криворізький фаховий коледж Національного авіаційного університету»  
[evgenyberdnik72@gmail.com](mailto:evgenyberdnik72@gmail.com)*

## **МАТЕМАТИЧНО-АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ СУЧАСНИХ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ**

В сучасну еру дуже розвинутого статистично-аналітичного апарату розвиток авіації, як і будь-якої іншої техніки, відбувається в залежності від того, яку саме характеристику потрібно більш вдосконалювати. Комплексна оцінка технічного рівня літального апарату ґрунтується на аналізі багатьох його характеристик. Деякі з цих характеристик можуть бути основою для розробки подібних повітряних суден. Тому метою дослідження виступає аналіз і систематизація саме цих основних характеристик літаків.

Наприклад, двома дуже важливими характеристиками повітряного судна є його маса та вантажопідйомність. Якщо провести кореляційний аналіз цих характеристик, використовуючи інтегральні характеристики і знайти довірчі інтервали для прогнозу залежності цих характеристик, то можна зробити висновок, що є великий розкид результатів з обраних для аналізу характеристик літальних апаратів. Тобто не всі літальні апарати мають максимальну вантажопідйомність при мінімальній масі та енерговитратності.

Проаналізовано характеристики 24 літальних апаратів. Результати аналізу систематизовані графічно і математично засобами табличного процесора Microsoft Excel та вбудованої мови програмування Visual Basic for Application.

Результати дослідження можуть бути використані для збільшення якісних характеристик літальних апаратів при їх розробці та для розвитку нових видів авіаційної техніки.

*В.В. Бовда, студент, Л.Г. Дишук, викладач  
Дніпровський фаховий коледж радіоелектроніки  
[drpbk.info@gmail.com](mailto:drpbk.info@gmail.com)*

## **ПРОВОКАТИВНЕ ФОРМУВАННЯ ДУГОВОГО РОЗРЯДУ**

Дуговий розряд це вид самостійного газового розряду, який виникає за високої температури між електродами, і супроводжується світінням у формі дуги.

Для дугового розряду характерні: велика густина струму і напруга між електродами порядку кількох десятків вольт. Він є результатом інтенсивного викидання термоелектронів розжареним катодом. Електрони прискорюються електричним полем і спричинюють ударну іонізацію молекул газу, тому електричний опір газового проміжку між електродами невеликий. При збільшенні сили струму дугового розряду провідність газового проміжку настільки сильно збільшується, що напруга між електродами дуги спадає (спадна вольт-амперна характеристика). Температура катода (при атмосферному тиску) досягає 3 000 °С. Бомбардування електронами анода створює в ньому заглиблення — кратер дуги з температурою близько 4 000 °С (при тиску 760 мм рт. ст.). Температура газу в каналі електричної дуги 5 000-6 000°С. Якщо дуговий розряд проходить при порівняно низькій температурі катода (наприклад, ртутна дугова лампа), то основну роль грає холодна емісія електронів із катода.

В даній розробці була поставлена задача розробити пристрій, що запалює електричну дугу. Тут використовується явище, при якому іскровий розряд малої потужності створює локальну зону іонізованого повітря і по шляху розряду малої потужності виникає електрична дуга від джерела великої потужності. Електричний розряд провокує запалювання дуги.

В даній дослідній установці відстань між електродами біля 10 мм. Якщо врахувати, що для електричного пробую 1 мм повітря необхідно мати напругу біля 3 кВ, то очевидно, що в даному випадку необхідне джерело з напругою 30 кВ. Тобто, для провокативного іскрового розряду необхідна напруга 30 кВ. Потужність може бути мінімальна. Ми взяли 5 Вт. Застосований трансформатор з феритовим осереддям М 2000 перетином біля 1 см та довжиною магнітної лінії 15см. Первинна обмотка 27 витків, вторинна 2700, коефіцієнт трансформації 100 (використана вторинна обмотка і осереддя трансформатора ТВС-70П). За основу електричної схеми взято напівмостовий автогенератор на біполярних транзисторах.

Відносно напруги живлення транзистори включені послідовно і працюють по черзі. В якості генератора запуску (ЗГ) застосований генератор на диністорі

Живиться схема від мережі 220В. Для виконання техніки безпеки всі елементи схеми надійно ізольовані.

### **Висновки**

- Робота мала дослідницький характер
- Досліджене виникнення дуги і можливість її провокування
- Виготовлений генератор провокативного струму
- Проведені експерименти показали високу надійність підпалювання дугового розряду електропровокацією.

*В.В. Ведьорін, здобувач освіти, А.М. Руда, викладач, С.В. Рудий, викладач  
Відокремлений структурний підрозділ  
«Криворізький фаховий коледж Національного авіаційного університету»  
[annasergeeva198@ukr.net](mailto:annasergeeva198@ukr.net)*

## **ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У БЕЗПЛОТНИЙ АВІАЦІЇ**

Сьогодні, в часи війни, безпілотні літальні апарати набули неабиякого поширення завдяки можливості здійснення диверсій на території ворога без ризику для особового складу. Проте для більш досконалого та дешевого використання люди намагаються створити штучний інтелект для безпілотних літальних апаратів (БПЛА).

Штучний інтелект - здатність системи правильно інтерпретувати зовнішні дані, вчитися на таких даних і використовувати ці знання для досягнення конкретних цілей і завдань шляхом гнучкої адаптації.

Використання ШІ в керуванні БПЛА має кілька переваг. По-перше, це звільняє оператора та дає можливість зосередитися на інших завданнях, наприклад, перевірити правильність маршруту та перевірити безпечність навколишнього середовища навколо апарату. По-друге, це дає можливість дрону самостійно уникати перешкод та уникати складних ситуацій, оскільки ШІ не має емоцій і людський фактор автоматично зникає. І по-третє, це може дозволити безпілотнику перебувати в певному строю з іншими дронами, що є значною перевагою для військових.

Саме людський фактор є головною проблемою під час керування безпілотними літальними апаратами, тому ще в 2020 році США почали розглядати можливість використання штучного інтелекту для керування дронами, ударними безпілотниками та тому подібне. Також БПЛА можуть завдавати серйозних втрат противнику (яскравим прикладом є Bayraktar TB2).

Гарним прикладом у використанні ШІ в військовій сфері є Ізраїль та Україна. В вересні 2022 року ізраїльська компанія Elbit Systems представила систему на базі штучного інтелекту ARCAS, яка полегшує військовим стрілянину з гвинтівки. Також в цей комплекс входить окуляр на шоломі, з якого солдат може дізнатися інформацію про бій. Проте Збройні Сили України використовують дрони зі штучним інтелектом Saker, що помічають приховану російську техніку та передають інформацію безпосередньо операторам, але крім Saker ЗСУ також активно використовують і інші БПЛА, що керуються штучним інтелектом.

Отже, проведене дослідження показало, що дуже скоро передові позиції в війнах будуть займати не танки та артилерія, а «розумні машини», керовані штучним інтелектом, які несуть загрозу лише для ворогів, а особовий склад іншої сторони залишається в безпеці, причому не потребує безпосереднього управління зі сторони операторів, оскільки штучний інтелект може не тільки керувати дроном, а й відстежувати ситуацію навколо, оцінювати небезпеку, викривати позиції противника та інше. Тому перспектива у використанні ШІ в БПЛА беззаперечно існує, тому майбутнє за нею.

*С.В. Ведьоріна, здобувач освіти,  
М.М. Гутнева, викладач вищої кваліфікаційної категорії  
Відокремлений структурний підрозділ  
«Криворізький фаховий коледж Національного авіаційного університету»  
[vederinasofia@gmail.com](mailto:vederinasofia@gmail.com) / [feniks.rina@gmail.com](mailto:feniks.rina@gmail.com)*

## **ПРАКТИЧНІ ВАРІАЦІЇ РОБОТИ З ДОДАТКАМИ GOOGLE, ЯКІ СТВОРЮЮТЬ ВІРТУАЛЬНУ РЕАЛЬНІСТЬ ПРИ ВИВЧЕННІ КОСМОСУ: ПЛЮСИ ТА МІНУСИ**

В сучасних умовах дистанційної освіти досить важливим є робота з прикладною складовою навчального предмета. Виходячи з перспектив подальшого розширення цифрової освіти, й цифрової культури взагалі, можна висунути припущення про можливість використання під час навчання додатків віртуальної реальності Google. Окремо можна зауважити, що вони є актуальними також для можливостей індивідуального застосування при зацікавленості вивченням космосу.

Ми зосереджуємо вашу увагу на практичній складовій деяких із них, котрі також є найбільш популярними, вказуючи на їх плюси та мінуси, переваги та можливі незручності:

1. Moon Globe. Зручний у використанні, мова додатку – англійська. Ілюструє віртуальну модель Місяця, яке відповідає даті, року і часу. Можна визначити своє місцезнаходження за допомогою додатка, і подивитися, де знаходиться Місяць. Його можна крутити і роздивлятися. Також на супутникові є написи, на які можна нажати, та подивитися їх розташування (це можуть бути кратери тощо). Зображення можна збільшувати і зменшувати, виглядає як справжній Місяць.

2. Solar Smash. Мобільний додаток, мова – англійська. Дуже реалістично показує нашу планету та її оберт. Можна прискорити цей процес або навпаки. Також у додатку показано кількість населення планети. Можна обрати деякі функції (наприклад, що буде, якщо Землю атакує інопланетний корабель), та побачити, що буде із нашою планетою, та як зміниться кількість населення. Додаток зручний та цікавий.

3. Google Earth. Додаток, що дозволяє повністю роздивитися нашу планету. Взагалі англомовний, але підлаштується під ту мову, що завантажена на вашому пристрої. У цьому додатку ви можете подивитися своє місцезнаходження на деталізованій карті, де не тільки підписані об'єкти, але і є повноцінне зображення. За його допомогою можна подорожувати усім світом і детально роздивитися кожен куточок нашої планети. Легкий у використанні. Якщо ви обрали якийсь об'єкт, ви можете подивитися його координати, та навіть є функція компасу.

4. NASA. Англомовний додаток, що містить дуже багато інформації. Є дуже багато відео про НАСА, їх літаки, радіо, та дуже багато цікавих розповідей. Можна спостерігати за планетами у реальному часі, за сонячною системою, зірками, маленькими тілами тощо. Планети можна порівнювати та роздивлятися. Також є дуже багато інформації про усі ці об'єкти. Є 3Д моделі супутників, які також можна добре роздивитися, переміщаючи свій пристрій.

*С.І. Владов, к.т.н., викладач вищої категорії, викладач-методист,  
А.О. Шаповал, курсант*

*Кременчуцький льотний коледж ХНУВС  
[ser26101968@gmail.com](mailto:ser26101968@gmail.com)*

## **ПЕРСПЕКТИВИ РОЗРОБКИ АДАПТИВНИХ АЛГОРИТМІВ МОНІТОРИНГУ АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ ВЕРТОЛЬОТІВ У ПОЛЬОТНИХ РЕЖИМАХ**

На теперішній час проблема розробки систем автоматичного управління (САУ) динамічними об'єктами характеризується переходом від парадигми адаптивного управління до парадигми інтелектуального управління, при цьому методи адаптивного управління є складовими інтелектуальних САУ.

САУ авіаційних газотурбінних двигунів (ГТД), у тому числі, двигунів вертольотів, є однією з основних систем, що визначають їх економічність та надійність. САУ авіаційних ГТД включає ряд систем автоматичного регулювання (САР), призначених для підтримки і зміни за заданою програмою регульованих параметрів. САР сучасних двигунів стають все більш складними, з включенням великої кількості регульованих параметрів та регулюючих факторів, складніших програм регулювання, реалізація яких потребує впровадження нової елементної бази.

Відомо, що важливе значення для якості роботи бортової САУ має валідність вхідної інформації, що вимірюється. При цьому, оскільки розмірність простору станів сучасного авіаційного двигуна істотно перевищує розмірність вектору параметрів, що вимірюються на борту, встановити детерміноване однозначне відповідність між ними важко, а у низці випадків – неможливо.

У зв'язку з цим вирішення питань адаптації бортової САУ до дії зовнішніх та внутрішніх перешкод, а також контролю стану та діагностики двигуна неминуче потребує використання методів ідентифікації. У сучасних цифрових системах автоматичного управління авіаційних двигунів підвищення надійності в польотних режимах досягається через створення алгоритмічної інформаційної надмірності із застосуванням вбудованої в САУ бортової математичної моделі авіаційного ГТД. При цьому точність моделі двигуна, що працює в реальному часі в умовах експлуатації багато в чому визначає якість поточної ідентифікації параметрів двигуна і надійність САУ в цілому.

Оскільки розроблена закрита бортова САУ авіаційних ГТД вертольотів працює в умовах перешкод у каналі математичної моделі («шум» моделі) та в каналі вимірювання («шум» датчиків-вимірників), важливим завданням є підвищення точності модельної ідентифікації параметрів двигуна з урахуванням поточних бортових вимірювань. Це зумовлює актуальність запропонованого дослідження, спрямованого створення адаптивних алгоритмів моніторингу авіаційних ГТД вертольотів, дозволяють з високою точністю ідентифікувати параметри двигуна за умов зовнішніх і внутрішніх перешкод.

Для забезпечення бажаної поведінки пропонується проведення динамічної компенсації регулятора частоти обертання вільної турбіни та заміна його регулятором аналогічної структури, що налаштована бажаним чином.

*С.І. Владов, к.т.н., викладач вищої категорії, викладач-методист,  
А.О. Шаповал, курсант*

*Кременчуцький льотний коледж ХНУВС  
[ser26101968@gmail.com](mailto:ser26101968@gmail.com)*

## МАТЕМАТИЧНА ПОСТАНОВКА ПАРАМЕТРИЧНОЇ АДАПТАЦІЇ ЗАКРИТОЇ БОРТОВОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ ВЕРТОЛЬОТІВ

Надійність авіаційних ГТД вертольотів, що функціонують в умовах зовнішніх і внутрішніх перешкод, багато в чому визначається якістю САУ, для оптимальної реалізації функцій якої необхідне отримання в реальному часі достовірної інформації про поточні характеристики двигуна (витрата палива, температура та тиск на вході/виході підсистем двигуна, швидкості обертання роторів турбокомпресора та вільної турбіни тощо). На теперішній час інтенсивно впроваджуються електронні цифрові САУ, які мають більш високу точність і широкі можливості з оптимізації процесу управління ГТД.

Задача параметричної адаптації закритої бортової САУ авіаційних ГТД вертольотів полягає у визначенні параметрів його математичної моделі, що забезпечують найбільшу подібність реакцій моделі та об'єкта на один і той самий вхідний вплив. Задача розв'язується за допомогою спеціалізованих програмних засобів, виходячи з обраного критерію подібності. Найбільш простим критерієм подібності  $q$  є модульний критерій, який визначається згідно з виразом:

$$q(t) = |Y_{\text{exp}}(t) - Y(t)|; \quad (1)$$

де  $Y_{\text{exp}}(t)$  – експериментальне значення вихідного параметра авіаційного ГТД вертольоту;  $Y(t)$  – значення вихідного параметра авіаційного ГТД вертольоту.

Оскільки експериментальні значення найчастіше видаються у вигляді масиву, використовується такий запис критерію подібності (1):

$$q(t) = \sum_{i=1}^n |Y_{\text{exp}_i}(t) - Y_i(t)|; \quad (2)$$

де  $Y_{\text{exp}_i}(t)$  – експериментальне значення вихідного параметра авіаційного ГТД вертольоту у  $i$ -й часовій точці;  $Y_i(t)$  – значення вихідного параметра авіаційного ГТД вертольоту у  $i$ -й часовій точці;  $n$  – розмірність масиву експериментальних даних.

При нормальному розподілі випадкової помилки експерименту найбільшу точність дає використання квадратичного критерію:

$$q(t) = (Y_{\text{exp}}(t) - Y(t))^2 = \sum_{i=1}^n (Y_{\text{exp}_i}(t) - Y_i(t))^2. \quad (3)$$

У разі необхідності виділення значимості деяких точок у масиві експериментальних результатів використовується виважений критерій, який визначається згідно з виразом:

$$q(t) = \sum_{i=1}^n d_i \cdot (Y_{\text{exp}_i}(t) - Y_i(t))^2; \quad (4)$$

де  $d_i$  – ваговий коефіцієнт, що визначає «вагу»  $i$ -ї часової точки.



*Н.С. Володова, фахівець  
Кременчуцький льотний коледж ХНУВС  
[tatochka.morozova@gmail.com](mailto:tatochka.morozova@gmail.com)*

## **АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТУ ВЕРТОЛЬОТІВ**

Авіація та космонавтика відноситься до галузі техніки, в якій забезпечення безпеки є першочерговою задачею. Проблема забезпечення безпеки польотів вертольотів вирішується за такими основними напрямками: теоретичним, технічним, ергономічним та організаційно-методичним. Причинами особливих ситуацій, що призводять до авіаційних подій та інцидентів, є вплив на ергатичну систему «Екіпаж – бортове обладнання (включаючи систему управління) – вертоліт» таких несприятливих факторів: відмови та несправності окремих елементів, агрегатів та функціональних систем (відмови техніки); несприятливі зовнішні умови експлуатації та пов'язані з цим проявом несприятливих особливостей аеродинаміки та міцності вертольоту; помилкові дії екіпажу під час пілотування з порушенням правил експлуатації. Незважаючи на різноманіття аспектів проблеми безпеки польоту вертольотів, однією з найважливіших є задача кількісної оцінки поточного рівня безпеки польоту та ступеня впливу на нього різних чинників та їх найбільш небезпечних поєднань.

Розв'язання задачі оцінювання поточного рівня безпеки польоту вертольоту значною мірою залежить від правильності вибору критеріїв і моделей безпеки польоту на різних етапах і режимах польоту і, найголовніше, в особливих ситуаціях. Від них значною мірою залежить правильність вибору методів та шляхів забезпечення рівня безпеки польотів, що регламентується, та ефективність різних варіантів інтелектуальної системи управління запобігання критичних режимів.

Критерії безпеки повинні відповідати таким основним вимогам: мати чіткий фізичний зміст; бути визначальними та відповідати основній меті польоту; враховувати основні детерміновані та стохастичні фактори; визначати рівень безпеки польоту; відображати масштаби застосування засобів забезпечення безпеки польоту; бути критичними до аналізованих параметрів і досить чутливим до них.

Як показує аналіз, для кількісної оцінки рівня безпеки польотів вертольотів використовують різні критерії та показники. Внаслідок випадковості виникнення у польоті несприятливих факторів, що впливають на поточний рівень безпеки польоту, події, що відповідають сприятливому та несприятливому результату польоту вертольоту під їх впливом, також є випадковими. Тому в якості аналітичного критерію поточного рівня безпеки режиму польоту доцільно використовувати ймовірність безпечного польоту (без авіаційних подій) або ймовірність появи авіаційної події (виникнення аварійної чи катастрофічної ситуації).

Ймовірнісні критерії безпеки польотів дозволяють визначити відповідність фактичного рівня безпеки польотів нормованому, оцінити ефективність заходів, спрямованих на підвищення безпеки польотів, у тому числі використання інтелектуальної системи управління запобігання критичних режимів.

*О.О. Гажев, здобувач освіти, О.Г. Світгареева, к. філос. н., викладач  
Відокремлений структурний підрозділ  
«Криворізький фаховий коледж Національного авіаційного університету»  
[oleggazhev99@gmail.com](mailto:oleggazhev99@gmail.com)*

## **ГОРДІСТЬ УКРАЇНИ АН-225 «МРІЯ» В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ ТА ПІСЛЯВОЄННИЙ ПЕРІОД**

Авіація є незамінною та унікальною сферою реалізації людських потреб, можливостей та давніх мрій піднятися у небо. Але сучасна повномасштабна війна російських окупантів проти України боляче вдарила по українській цивільній авіації. Хоч у театрі воєнних дій авіація займає активну позицію оборони.

Гордість України Ан-225 «Мрія» — найбільший та найпотужніший у світі літак з унікальною конструкцією, створеною київським КБ імені Антонова головним конструктором — В. І. Толмачовим. За понад 30 років експлуатації на рахунку «Мрії» - 240 світових рекордів. Головне, є благодійні заслуги, зокрема, рятування життів під час пандемії COVID-19, участь у гуманітарних місіях в Іраку.

Важким історичним фактом стало те, що найбільший у світі український літак Ан-225 «Мрія» 27 лютого 2022 р. спалили російські військові у Гостомелі. Філософський, а саме аксіологічний аспект даного акту російських окупантів — ціннісно-орієнтований моральний бік, який полягає в знищенні України через знищення одного з головних символів української державності — «Мрії». Але як сам Володимир Зеленський наголосив, що окупанти змогли зруйнувати залізо та оболонку, проте це не зруйнувало душу та свободу українців [1]

Після Перемоги Україна обов'язково створить нову «Мрію» — омріяну, безумовно більшу та потужнішу, яка перевершить досягнення свого попередника і робота над ним уже розпочалася. Новий Ан-225 буде усередині новий літак із найсучаснішим обладнанням, більш потужнішим, легшим, мінімум на 10 тон, з більшими можливостями брати більше вантажу та летіти на довшу відстань.

Моральні питання та людські цінності, а саме найголовніше, незламність українського народу та віра в Перемогу, — у фундаменті рішучих дій, згуртованості українців. "Відновлення Мрії - це і є відновлення країни. Як тільки Мрія буде відбудована, ми можемо сказати, що українська авіаційна промисловість і взагалі потужність України - відбудовані", - наголосив генеральний конструктор [2]. І ця нова українська «Мрія» буде демонструвати велич України та її відродження.

### **Список використаних джерел**

1. Б.а. «Мрія» заговорила: у гостомелі завели двигун найбільшого у світі літака [Електронний ресурс]. *Волинські новини*. 2022. 6 квітня. Режим доступу до сайту: <https://www.volynnews.com/news/all/mriia-zahovoryla-u-hostomeli-zavely-dvyhun-naybilshoho-u-sviti-lita/>.
2. Б.а. Авіаконструктори розповіли, яким буде новий літак Мрія [Електронний ресурс]. *Економіка. Новини України*. 2023. 27 лютого. Режим доступу до сайту: [economistua.com/aviakonstryktory-rozpozvily-yakym-bude-novyj-litak-mriya/](http://economistua.com/aviakonstryktory-rozpozvily-yakym-bude-novyj-litak-mriya/).

*І.А. Гладіш викладач, спеціаліст вищої категорії  
Відокремлений структурний підрозділ  
«Криворізький фаховий коледж Національного авіаційного університету»  
[Irina.Gladishkr@gmail.com](mailto:Irina.Gladishkr@gmail.com)*

## КОНЦЕПЦІЯ BRING YOUR OWN DEVICE (BYOD) В ОСВІТІ

Сьогодні в світі викладачами розроблено понад 200 електронних навчальних курсів, які використовуються як в дистанційному навчанні, так і для підтримки очного навчального процесу, в рамках «змішаного навчання», коли навчання проводиться як в традиційній формі, так і з використанням електронної форми, системи навчання, за допомогою якої студент може освоювати навчальний матеріал у зручний для себе час, у власному темпі і в зручному місці.

Змішане навчання, «перевернутий» клас, використання відкритих освітніх ресурсів, в тому числі масових відкритих онлайн-курсів (МВОК), концепції Bring Your Own Device (BYOD), проєктне навчання - це далеко не повний перелік освітніх моделей, методів, технологій, які активно використовують викладачі університетів по всьому світі.

Концепція Bring Your Own Device (BYOD) зводиться до того, що студенти і викладачі університету приносять з собою персональні електронні пристрої (смартфони, планшети, нетбуки, ноутбуки), якими можна користуватися не тільки для розваги і особистих потреб, а й для навчальної діяльності в аудиторії та за її межами. У всіх навчальних корпусах є бездротовий доступ до мережі Інтернет, і під час навчальних занять студенти можуть вивчати цифрові освітні ресурси, використовуючи для цього свої власні електронні пристрої.



Рис.1. Bring Your Own Device (BYOD)

Таким чином, у викладача з'являється можливість організувати навчальний процес з використанням технологій електронного навчання не тільки в комп'ютерному класі, але і в будь-якій аудиторії університету. Використовуючи власні ноутбуки, нетбуки, планшети, смартфони, студенти і викладачі університету можуть користуватися цифровими освітніми ресурсами і поза аудиторією: на кафедрі, в читальному залі, в кафе тощо.

В педагогічній діяльності необхідно приділяти особливу увагу механізмам впливу на мотивацію навчання, свідомість і поведінку студентів.

*І.А. Головченко, здобувач освіти<sup>1</sup>, А.В. Резнік, викладач  
Відокремлений структурний підрозділ  
«Криворізький фаховий коледж Національного авіаційного університету»  
[andreyreznik1986@gmail.com](mailto:andreyreznik1986@gmail.com)*

## **ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ШУМУ ВІД РОБОТИ ГВИНТІВ ТУРБОГВИНТОВИХ ДВИГУНІВ**

Використання на повітряних суднах газотурбінних двигунів, рушієм яких є повітряний гвинт, при швидкостях польоту, яким відповідає число  $M_n < 0,75$ , забезпечує більш високі показники економічності вказаних силових установок в порівнянні з турбореактивними двигунами. Але на фоні цієї переваги ТГД над ТРД має місце й негативний фактор використання турбогвинтових двигунів, такий як – шум, від обертання повітряних гвинтів, який може обумовити наявність проблем, що пов'язані як з акустичним комфортом в пасажирській кабіні літака так і з вимогами ІСАО, щодо нормативних вимог по шуму на місцевості. Тому проблема по зменшенню рівня шуму від роботи повітряних гвинтів літака має мати стрімкі кроки до вирішення. Одним з методів зменшення надлишкового шуму є налаштування всіх гвинтів на однакові обerti (синхронізація). Сутність методу полягає в тому, що один двигун обирається як головний та використовується для вибору частоти обертання, до якої будуть налаштовуватись інші двигуни літака. На багатомоторних турбогвинтових літаках для синхронізації і візуальної її індикації використовується спеціальний прилад - синхроскоп, що використовується для всіх польотних стадій, за винятком зльоту та посадки. Кожен регулятор повітряного гвинта містить обертовий магніт і магнітний датчик, який виробляє змінний струм під час обертання регулятора. Частота цього змінного струму пропорційна швидкості регулятора. Вихідні сигнали двох регуляторів порівнюються в блоці керування синхронізатором, а вихідний сигнал надсилається до приводу крокового двигуна постійного струму. Гнучкий сталевий вал з'єднує привід із кривошипом регулятора гвинта на контролі палива підпорядкованого двигуна. В подальшому в блоці керування порівнюється сигнал частоти обертів підлеглого двигуна з сигналом частоти обертів головного двигуна та надсилається коригувальний сигнал механізму керування підпорядкованим регулятором. Якщо підлеглий двигун повільніший за головний двигун, блок керування рухатиме двигун приводу в напрямку, який рухатиме кривошип і з'єднувальний важіль на контролі палива підпорядкованого двигуна та регуляторі гвинта на збільшення його обертів. Щоб відбулась синхронізація пристрій порівняння має мати обмежений діапазон дії, а підлеглий двигун має бути в межах приблизно 100 об/хв від головного. Система синхронізації гвинта використовується для встановлення всіх гвинтів літака на однакову швидкість, щоб усунути надмірний шум. Шум відносно невеликих гвинтових літаків, що оснащені від 2 до 4 гвинтових двигунів, знижують також методом синхрофазування, при цьому проходить підбір такої різниці фаз обертання, при якій в кабіні виникає інтерференційний мінімум шуму на дискретній частоті, що відповідає максимуму спектра. Метод синхрофазування ефективний для низьких частот, які важко подолати шляхом використання методів звукоізоляції та звукопоглинання. Та все ж в деяких частинах довгих і широкофюзеляжних літаках може виникати інтерференційний максимум, тому проблема шуму є актуальною.

## **ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ У СИСТЕМАХ ОПАЛЕННЯ. ДОСВІД ЄВРОПЕЙСЬКИХ КРАЇН**

Використання відновлювальних джерел у системах опалення є одним із ключових елементів боротьби зі зміною клімату. Європейські країни є лідерами у цій галузі та мають значний досвід у використанні відновлювальних джерел у системах опалення.

В останні роки Європа приділяє все більше уваги використанню відновлюваної енергії в системах опалення. Це пов'язано зі зростаючим усвідомленням необхідності зменшення викидів вуглекислого газу та переходу на більш чисті джерела енергії, а також зменшення енергетичної залежності від нафтопродуктів.

Наприклад, Німеччина є лідером у використанні сонячних енергетичних систем. Більше 1,5 мільйона будинків у країні обладнані сонячними панелями, які виробляють електроенергію та гарячу воду для опалення. Крім того, Німеччина має значні запаси біомаси, які використовуються у системах опалення. Більше 10% використаної енергії в країні отримують з біомаси, яка діє як відновлювальний джерело енергії.

Швеція також є лідером у використанні відновлювальних джерел у системах опалення. Країна має великі запаси лісів, що робить біомасу доступною для використання. Більше 50% систем опалення в Швеції працюють на біомасі, що забезпечує майже 15% використаної енергії в країні.

Норвегія має значні запаси гідроенергії, яка є основним джерелом енергії в країні. Згідно з даними, понад 60% енергії, яка використовується в країні, отримують з гідроенергетичних станцій. Крім того, у Норвегії розвинена інфраструктура для використання геотермальної енергії та енергії вітру.

У Швейцарії використовуються сонячні колектори для опалення житлових будинків. Ці колектори використовують енергію сонця для нагріву води, яка потім перекачується до систем опалення та гарячого водопостачання. Це дозволяє зменшити витрати на газ або нафту, які використовуються для опалення будинків, та забезпечити більш стійкий та екологічний спосіб опалення.

В Ісландії геотермальна енергія використовується для опалення будинків та гарячого водопостачання. Нині геотермальна енергія обігриває 89% будинків в Ісландії, а понад 54% первинної енергії, що використовується в Ісландії, надходить від геотермальних джерел. Геотермальна енергія використовується для багатьох галузей в Ісландії. 57,4% енергії використовується для обігріву приміщень, 25% - для електроенергії, а залишок використовується у багатьох різних сферах, таких як басейни, рибні господарства та теплиці.

Загалом, використання відновлюваних джерел енергії в системах опалення є важливим кроком до сталого розвитку та екологічної безпеки. У Європі вже є багато проєктів, заснованих на використанні відновлюваних джерел енергії для опалення будинків і будівель. Ці проєкти не тільки допомагають зменшити витрати на енергію, але й зменшують викиди вуглекислого газу, сприяючи створенню здоровішого та екологічнішого середовища життя для людей.

*М.М. Гутнева, вчитель вищої кваліфікаційної категорії, викладач  
Відокремлений структурний підрозділ  
«Криворізький фаховий коледж Національного авіаційного університету»  
[feniks.rina@gmail.com](mailto:feniks.rina@gmail.com)*

## **РОЗШИРЕННЯ ПРАКТИКИ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ЗА ДОПОМОГОЮ ДОДАТКІВ ТА УТИЛІТ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ GOOGLE НА ПРИКЛАДІ ВИВЧЕННЯ НАУК ПРО ЗЕМЛЮ ТА КОСМОСУ**

В умовах сучасних освітніх викликів та розширення методик і засобів дистанційного навчання, а також варіації прикладної скерованості в умовах очного навчання можна висунути припущення щодо потреби розширення впровадження додатків та утиліт Google, котрі мають науковий, навчальний та дослідницький характер.

Наприклад, Eyes on the Solar System - програма візуалізації, яка зробила віртуальні міжпланетні подорожі доступними для всіх; її встановлення є безкоштовним, інтерфейс – зручним, а можливість захопити й зацікавити зоряним небом набагато більшою, ніж використання звичних нам традиційних методик навчання. Даний додаток дозволить користувачу самостійно обертати, ставити поряд та порівнювати, моделювати перспективу й освітлення космічних тіл. В останній версії сервісу покращено візуальні ефекти, додано та оновлено інтерактивні подорожі, включаючи місію Voyager до Юпітера, Сатурна, Урану та Нептуна.

Слід зауважити, що всі додатки Google розраховані на роботу гаджетів на базі Android, а також, у своїй переважній більшості, є безкоштовними для встановлення через сервіс Google Play Market.

Тож розглянемо віртуальну реальність як ґрунтовну складову доповнення та поглиблення знань здобувачів освіти, а також – розширення знань та навичок роботи з сучасними сервісами мережевих технологій.

Вивчити особливості ландшафту місцевості, піднятися на Еверест, побачити глибокий космос, а також, що відбувається на Сонці, дослідити інші галактики та відвідати астронавтів NASA — на сьогодні це в абсолютній доступності для всіх користувачів Google. Якщо ми говоримо про прикладні варіації розширення та поглиблення знань, а також активну роботу з сучасними технологіями при вивченні географії та астрономії, - можна сміливо планувати використання великого переліку мобільних додатків як допоміжних навчальних посібників.

Це може бути енциклопедія космосу від NASA Visualization Explorer, котра містить 500 статей про різні планети, Сонце, Землю та інші об'єкти Всесвіту. Тексти супроводжують короткі відео та фотографії. Також із статей можна дізнатися про роботу NASA, будні космонавтів та про вплив глобального потепління на земний ландшафт і клімат. Наприклад, в режимі реального часу можна спостерігати за Сонцем, - телескоп не потрібний.

## ПРО ЗАДАЧУ ОПТИМАЛЬНОЇ ШВИДКОДІЇ ДЛЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Розглянемо процес, що описується системою диференціальних рівнянь

$$\varepsilon^h \frac{d\bar{x}}{dt} = A(t, \varepsilon)\bar{x} + B(t, \varepsilon)\bar{u}, \quad (1)$$

де  $A(t, \varepsilon)$  – квадратна матриця  $n$ -го порядку,  $B(t, \varepsilon)$  –  $(n \times m)$ -матриця,  $\bar{x}(t, \varepsilon)$  –  $n$ -вимірний вектор стану,  $\bar{u}(t, \varepsilon)$  –  $m$ -вимірний вектор керування,  $\varepsilon > 0$  – малий параметр,  $h$  – натуральне число,  $t \in [0; T]$ . Задачу про знаходження керування, під дією якого система (1) переходить зі стану  $\bar{x}(0, \varepsilon) = \bar{x}_1(\varepsilon)$  до стану  $\bar{x}(T, \varepsilon) = \bar{x}_2(\varepsilon)$

надаючи мінімуму функціоналу  $\frac{1}{2\varepsilon^h} \int_0^T (D(t, \varepsilon)u, u) dt \rightarrow \min_u$  розв'язано у різних

припущеннях про кратність спектру головної матриці  $A(t, 0)$  системи. У такій постановці в [1] побудовано асимптотичне зображення розв'язку названої задачі. Стабільність спектру головної матриці є одним із основних обмежень для застосування методу роботи [1]. Задачі оптимального керування системами із нестабільним спектром розпочато відносно недавно [2], і для побудови асимптотичного зображення розв'язку задачі використано багатомасштабний метод. Двомасштабним методом в роботі [3] досліджено питання про побудову розв'язку системи лінійних диференціальних рівнянь з виродженням матриці при похідній.

У цій доповіді методи [2, 3] використовуються для побудови двомасштабної асимптотики розв'язку описаної вище задачі оптимального керування системою із нестабільністю у спектрі головної матриці. Припускається, що корені характеристичного рівняння  $\det(A(t, 0) - \lambda E) = 0$  змінюють кратність в окремих точках проміжку  $[0; T]$ . Методом [2, 3] будуватиметься асимптотичне зображення розв'язку названої задачі і дасться оцінка відхилення  $k$ -наближення  $x_k(t, \varepsilon)$  від точного розв'язку  $x(t, \varepsilon)$  задачі:

$$\|x(t, \varepsilon) - x_k(t, \varepsilon)\| \leq C\varepsilon^{p(k)}.$$

Аналогічна оцінка має місце для наближення вектора керування.

### Список використаних джерел

1. Яковець В.П., Тарасенко О.В. Побудова асимптотичного розв'язку однієї задачі оптимального керування. *Нелінійні коливання*. 2010. 13. 3. С. 420-438.
2. Leifura V. N. On One Problem of Automatic Control with Turning Points. *Symmetry in Nonlinear Mathematical Physics* : Proceedings of the Second International Conference. Kyiv, 1997. V. 2. P. 488-491.
3. Самойленко А.М., Самусенко П.Ф. Асимптотичне інтегрування сингулярно збурених диференціально-алгебраїчних рівнянь із точками повороту. *І. Укр. мат. журн.*, 2020, т. 72, № 12. С. 1669-1681.

*Л.В. Єрмоєнко, здобувач вищої освіти ступеня, бакалавр,  
Н.В. Смирнова, кандидат економічних наук, викладач-методист  
Відокремлений структурний підрозділ  
«Криворізький фаховий коледж Національного авіаційного університету»  
[muza\\_urania@ukr.net](mailto:muza_urania@ukr.net)*

## **ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ НОРМ КАДРОВОГО УПРАВЛІННЯ: ОСНОВА СТИМУЛЮВАННЯ ПРАЦІ**

Практиці господарювання відомо безліч моделей управління самоорганізуючими одиницями, такими, зокрема, як підприємства чи окремо взяті відділи і колективи.

Однозначно не можна сказати яка саме з національних моделей менеджменту є найкращою, а яка ще потребує суттєвого доопрацювання, оскільки їх формування відбувалося з урахуванням національно-культурних, господарсько-економічних і природних факторів розвитку певної країни. Але, попри це, можна виділити найбільш значущі позитивні сторони відомих національних моделей менеджменту.

Так, найбільш досконалою з позиції працівника є японська модель менеджменту, що сформувалася як реакція на жорсткі експлуаторські дії промисловців початку ХХ ст. Тогочасні умови праці не передбачали жодних соціальних гарантій працівникам, дотримання техніки безпеки, нормування праці, фіксованих вихідних і відпусток, що спричинювало велику плинність кадрів і відносно низьку продуктивність праці.

Основу сучасної японської моделі менеджменту становить система позитивного найму, саме існування якої було б не ефективним без додаткових мотиваційних стимулів зі сторони інституційного менеджменту на фоні створення атмосфери загально корпоративної співпраці керуючої і керованої системи – корпоративного духу.

Окрім того, є важливий елемент даної національної моделі менеджменту – коефіцієнт трудової участі, що дозволяє максимально враховувати ступінь індивідуального внеску кожного окремо взятого працівника у загально корпоративну справу.

Даний елемент було б доречно перейняти і іншим національним моделям менеджменту, оскільки це дозволить їм ліквідувати певну зрівнялівку в оплаті праці (шведська і фінська модель менеджменту), підвищуючи тим самим ініціативність персоналу і кінцеву ефективність співпраці керуючої і керованої системи. Досягти цього можливо за рахунок імплементації японського досвіду у сфері кадрового управління – перенесення іноземних норм управління на вітчизняне нормативно-правове поле, в результаті чого змінився трудове законодавство: умови найму працівників, нормування праці, оцінка результатів праці (ставки і коефіцієнти), тривалість відпустки і вихідних, права та обов'язки працівників в процесі управління підприємством.



*А.Ю. Заплішна, здобувачка освіти, О.Ф. Коваленко, викладач  
Відокремлений структурний підрозділ «Криворізький фаховий коледж  
Національного авіаційного університету»*

## **ІСТОРІЯ СТАНОВЛЕННЯ МІЖНАРОДНОГО АЕРОПОРТУ «ЛЬВІВ»**

XX століття породило бурхливий розвиток авіабудування у світі, ще більше цьому сприяла Перша світова війна. Західноукраїнські землі на поч. XX століття перебували у складі Австро-Угорської імперії. Близько 1914 р. австрійська влада звела біля Львова летовище у східній частині с. Левандівка, як військове.

В 1915 р. під час окупації Галичини Російською імперією, на аеродромі базувалися російські бомбардувальники «Ілля Муромець». З червня 1915 р. знову почали базуватися австрійські війська.

У 1918 році починається розбудова інфраструктури летовища та будівництво аеропорту для обслуговування пасажирських авіаперевезень. З 20 березня 1918 р. через аеропорт проліг маршрут першого на території України регулярного поштового авіарейсу Відень—Київ. Авіалінія працювала до 5 листопада 1918 року – початку Польсько-української війни. Під час Польсько-української війни летовище перебувало під контролем поляків. Авіація УГА здійснила кілька атак на аеропорт. Воно стало головною базою польських повітряних сил.

20-ті роки характеризуються стрімким розвитком цивільної авіації, так 20 серпня 1922 року через аеропорт було здійснено перший регулярний пасажирський рейс. Літаки «Юнкерс Ф-13» здійснювали рейси за маршрутом Гданськ — Варшава — Львів. Згодом підприємство було перейменоване на «Польська авіалінія „Аерольот“», після чого воно придбало літаки «Фоккер», що дозволяли долати відстань між Львовом і Краковом за 1 годину 25 хвилин. Протягом 20-х років летовище використовувалось як під військові потреби, так і цивільні.

1923 році було ухвалено рішення збудувати для Львова новий аеропорт поблизу села Скнилів, адже аеропорт на Левандівці було неможливо розширити через навколишню забудову. Будівництво розпочалося у 1925 році і закінчилося у 1936 році, однак, перебудування відбулося вже у 1929 році, коли новий аеропорт «Львів» на Скнилові замінив левандівське летовище.

У 1931 році до нового летовища підведено залізничну колію для підвозу палива й інших матеріалів. В 1932 році збудовано кілька нових споруд, завершено прокладання водопостачальної та каналізаційної системи, льотне поле обладнано дальноміром і радіосвітлювальною апаратурою, встановлено радіостанцію, метеопункт, паливно-заправну станцію та лампу-маяк. Наприкінці 1930-х також встановили дальноміри, що сполучили Львів із Варшавою через Люблін. Також облаштовано зал очікування для пасажирів. У 1931 році відкрито міжнародну авіатрасу Львів — Бухарест — Софія — Салоніки. Наступного року її продовжили до Варшави, Риги й Таллінна, в 1936-му — до Афін, 1937-му — через острів Родос до Аеропорту Лода, згодом — до Гельсінкі та Бейрута. Цей маршрут перед Другою світовою війною був найдовший у Європі.

*В.В. Зорін, здобувач освіти, О.С. Гринченко, викладач  
Відокремлений структурний підрозділ «Криворізький фаховий коледж  
Національного авіаційного університету»  
[bobrovaxata@gmail.com](mailto:bobrovaxata@gmail.com)*

## **SAMBA СЕРВЕР НА LINUX ДЛЯ АДМІНІСТРУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА**

Серверне програмне забезпечення Samba дозволяє обмінюватися файлами між комп'ютерами в мережі за допомогою протоколу SMB/CIFS. Використовуючи сервер Samba в Linux, ви можете налаштувати спільний доступ до файлів і папок у локальній мережі, а також інтегрувати Linux у середовище Windows.

Перш ніж інсталивати сервер Samba на Linux, вам потрібно переконатися, що ваша система має всі необхідні залежності. Після встановлення пакета Samba вам потрібно налаштувати файл конфігурації `/etc/samba/smb.conf`. Цей файл налаштовує параметри доступу до мережевих ресурсів, визначає права доступу для користувачів і груп і встановлює різні параметри безпеки. Щоб створити нову мережеву папку, потрібно додати відповідний розділ до `smb.conf`.

Одним із важливих аспектів налаштування сервера Samba в Linux є налаштування автентифікації користувача. Samba може використовувати локальне сховище користувачів Linux або підключитися до сервера автентифікації, такого як LDAP або Active Directory.

Щоб налаштувати автентифікацію користувача в Samba, ви повинні створити користувачів за допомогою команди `smbpasswd`. Якщо вам потрібно використовувати зовнішній сервер автентифікації, вам потрібно налаштувати параметри підключення до сервера в `smb.conf`.

Сервер Samba в Linux може бути інтегрований із середовищем Windows, що полегшує спільний доступ до файлів і папок між комп'ютерами Linux і Windows.

Важливою особливістю Samba є можливість використовувати облікові записи Windows для автентифікації користувачів у Linux. Для цього Samba може підключитися до Active Directory за допомогою протоколу Kerberos.

Щоб інтегрувати Samba з Active Directory, вам потрібно налаштувати файл конфігурації `smb.conf` і файл Kerberos. Після цього користувачі Windows зможуть використовувати власні облікові записи для доступу до мережевих ресурсів у Linux.

Сервер Samba в Linux — це потужний і гнучкий інструмент для спільного використання файлів і папок у мережі. Він дозволяє налаштувати доступ до файлових ресурсів, визначати права доступу користувачів та інтегрувати Linux у середовища Windows. Його також можна використовувати для створення корпоративного файлового сервера, на якому можна зберігати та обмінюватися даними між співробітниками.

Хоча налаштування сервера Samba може бути дещо складним для початківців, завдяки широкій підтримці спільноти Linux, великій кількості онлайн-ресурсів і документації, процес встановлення та налаштування можна виконати навіть без адміністрування мережі.

## **ІСТОРИЧНІ СВДЧЕННЯ ЩОДО ПРАГНЕННЯ ЛЮДЕЙ ОПАНУВАТИ ПОВІТРЯНИЙ ТА КОСМІЧНИЙ ПРОСТІР ПРОТЯГОМ УСІХ ІСТОРИЧНИХ ЕПОХ**

Історія людства має історію в межах мільйона років, а дехто з дослідників вважає, що й більше.

Коли людство існувало в дикості, воно лише опанувало навколишнє середовище, а коли з'явилися цивілізації, почали створюватись пам'ятки, які говорять про бажання людей злетіти в небо. Зустрічаються навіть речі, малюнки, споруди, які прямо або опосередковано демонструють факти спілкування з розвиненими цивілізаціями і перебування землян у космічному просторі.

Що цікаво, спостерігається стереотип щодо ставлення до спогадів, свідчень, малюнків, легенд минулого різних народів. Він проявляється в тому, що до цих речей людство відносилось як до народної вигадки, враховувало найвннй світогляд стародавніх людей. Аж поки не з'явилися сучасні літаки, космічні кораблі та космічні пристрої. І тепер сприйняття давніх артефактів змінюється.

Так, у вавилонському епосі, який налічує 4700 років, герой Етана летів до бога Ену і бачив Землю у вигляді жовтого диску у чорному просторі, де сонце горіло, як смолоскип. Це бачення входить у протиріччя з міфом про те, що Земля стоїть на слонах, черепахах і т.і. Свідчення про круглу Землю дослідники прочитали у розповіді Еноха з пергаментів Кумранських печер. У поета Середньовіччя Данте в «Божественній комедії» є рядки про царство темряви, де «ходять сонце і світила».

На такі уявлення давніх людей про будову космічного простору дивились довгий час як на казку, аж доки космонавти не побачили космос на власні очі. Тоді й постало питання: «Звідки давні люди знали про це?»

Не менш цікавий факт надійшов із Африки. Там плем'я догонів багато століть святкує зустріч з богами. Зображаючи богів, члени племені одягають вбрання із соломи, а на голови - чудернацькі ковпаки. Мандрівники десятиліттями споглядали казкове дійство, аж поки не прийшло розуміння того, що ці костюми дуже схожі на вбрання сучасних космонавтів. Дослідники, зацікавившись цим фактом, з'ясували, що святкове вбрання догонів повторює скафандр американських астронавтів, які працювали на Луні.

Таким чином, можна зробити наступні висновки:

1. Людство з незапам'ятних часів мріяло про повітряний простір і космос.
2. Стародавні люди бачили власників високих технологій і навіть спілкувались з ними.
3. Людство почало опанувати повітряний простір з 1783 року, коли у повітря піднялись брати Монгольф'є, і поступово дісталось космосу. Якби пристрої, що згадуються у фольклорі деяких народів, були доступними, то досягнення людей стали б величнішими.

*Д.А. Іванов, студент, І.В. Гордієнко, викладач  
Дніпровський фаховий коледж радіоелектроніки*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЗУСТРІЧНИХ ХВИЛЬ В СИМЕТРИЧНІЙ ВІДКРИТІЙ ЛІНІЇ**

При підготовці спеціалістів в галузі «Телекомунікації» важливе значення має можливість проводити експериментальні дослідження режимів роботи електричних ліній. Лінія представляє собою системи з розподіленими параметрами. Значення індуктивності, ємності, опору втрат та провідності втрат розподілені вздовж лінії. Тому при складанні математичної моделі хвиль, які рухаються вздовж лінії, враховується втрати. Головна причина втрат - це активний опір провідника лінії. Крім того повинна враховуватись активна провідність діелектрика, що оточує лінію.

Для лабораторного дослідження найбільш зручним є випадок коли використовується відкрита двох провідна симетрична лінія. Для виготовлення стенду, використаний автономний генератор, який забезпечує підведення до лінії напруги 5В з частотою біля 250МГц.

Використана лінія з хвильовим опором біля 400 Ом. Оскільки довжина лінії не велика, то для розрахунку режиму активна складова повного опору не враховується і лінія вважається ідеальною. Для того, щоб можливо було провести оцінювання величини напруги, що розповсюджується вздовж лінії, застосований рухомий блок, що дозволяє оцінити напругу в лінії за вихідним значення напруги на виході високочастотного детектора. Для мінімального впливу вимірювального блоку на оцінку режим лінії необхідна, щоб внесена вимірювальним блоком неоднорідність мала мінімальну величину. Тому застосований ємкісний зв'язок з лінією через ємності, значення яких не перевищує 0,1-0,15 пікофарад. Для забезпечення достатньої чутливості вимірювального блоку, застосований детектор з подвоєнням в якому включені два діоди, що мають максимально робочу частоту в 1200МГц. Вхід детектора симетричний, що дозволяє запобігти перекосу фаз хвиль в лінії в одному проводі відносно другого. Вихідна напруга детектора подається безпосередньо на вимірювальний прилад. Така можливість досягається тим, що застосований мікроампер метр з межею вимірювання 50мкА та вхідним опором 820 Ом. Оскільки амплітудна характеристика детектора нелінійна (квадратична) то шкала приладу також не лінійна, але це не заважає проводити експерименти в лінії і для наочності результатів застосовано градування шкали, так щоб було реально оцінити величину напруги в кожній точці. В генераторі, що живить лінію, застосована схема автогенератора з ємкісним зворотнім зв'язком. Частота генерації визначається значенням індуктивності та ємності в колі зворотного зв'язку. При цьому стабільність генератора не висока, але висока стабільність в даних експериментах не є необхідною. Всього генератор має три каскади, крім автогенератора, сюди входить буферний каскад та вихідний каскад. Симетрія вихідної напруги забезпечена застосування трансформаторного зв'язку з лінією.

Висновки: виготовлений макет, що наочно демонструє хвилі в розімкненій та замкненій лінії; настосований генератор живлення лінії з частотою 550МГц; виготовлений вимірювальний блок, що рухається вздовж лінії.

*М.О. Іванова, здобувач освіти, Л.В. Висоцька, к.пед.н., викладач  
Відокремлений структурний підрозділ  
«Криворізький фаховий коледж Національного авіаційного університету»*

## **ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА І ЦИВІЛЬНА АВІАЦІЯ: ОГЛЯД НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЇ БАЗИ**

Надання авіаційних послуг передбачає взаємодію авіаційного транспорту з екосистемою і, тим самим, завдає шкоди навколишньому середовищу. Нормативно-правова база авіаційної діяльності містить норми щодо охорони екосистеми та зменшення негативного впливу на неї авіаційного транспорту.

Державна авіаційна служба України, як центральний державний виконавчий орган, розробляє та запроваджує нормативно-правову базу з питань охорони навколишнього середовища на основі практики та рекомендацій ІКАО. Так в Експлуатаційній дерективі (2017 р.) Державіаслужба з метою забезпечення безпеки польотів та охорони навколишнього середовища сформувала ряд вимог керівникам аеропортів експлуатантам аеродрому, які мають діючий сертифікат: «1.1 Створити на своїх підприємствах робочі групи відповідного спрямування... 1.2 Забезпечити розроблення, подання та схвалення компетентними органами документів (Планів), що стосуються питань охорони навколишнього середовища». «2. Робочим групам у своїй діяльності при розробленні Планів керуватись: - Керівним матеріалом - ІКАО DOC 9184 Airport Planning Manual Part 2 Land Use & Environmental Control Ed 3 та DOC 9829 «The Balanced Approach to Aircraft Noise Management».

Основою правового регулювання авіаційної сфери в Україні є Повітряний кодекс України (2011 р.). Розділ X «Охорона навколишнього природного середовища» містить норми, що регулюють захист навколишнього середовища та населення від шкідливого впливу польотів цивільних повітряних суден (ст.83, ст. 84).

Про ефективність використання природних ресурсів та зменшення негативного впливу транспорту на навколишнє середовище, у тому числі авіаційного, йдеться у «Національній транспортній стратегії України на період до 2030 року» (2021 р.). В розділі документа «Безпечний для суспільства, екологічно чистий та енергоефективний транспорт» наголошено: «Рівень безпеки, обсяг спожитої енергії та вплив на природне середовище в Україні не відповідають сучасним вимогам», що не повною мірою відповідає вимогам інтеграції національної транспортної мережі в Транс'європейську транспортну мережу.

На основі розглянутих правових актів, можемо визначити, що серед основних проблем охорони навколишнього середовища від впливу авіації є: забруднення атмосферного повітря, шумове забруднення, нераціональне землекористування, аварійна небезпека. Таким чином, нормативно-правова база нашої держави адаптується до міжнародних вимог, імплементує та ратифікує норми міжнародних нормативно-правових актів щодо забезпечення зменшення негативного впливу авіаційного транспорту на навколишнє середовище, визначення екологічної смості аеропортів, посилення ролі екологічного управління.

*А.В. Капелюшина, здобувачка освіти, О.Г. Світгарєєва, к. філос. н., викладач,  
Відокремлений структурний підрозділ  
«Криворізький фаховий коледж Національного авіаційного університету»  
[annakapelyshna@gmail.com](mailto:annakapelyshna@gmail.com)*

## **ФІЛОСОФІЯ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЛЬОТУ**

У сучасну добу розгортання глобалізаційних процесів, динамічного розвитку світу та прискорення часу **авіація** набуває все більшого поришення. Людина, що стає на стежину авіації, має певне бачення світу, відношення до життя, людей, власну життєву позицію, власний погляд на висоту та її відчуття. Сформувати світогляд та психічно налаштуватись на політ допомагає **філософія**.

Сучасне людство особливо гостро відчуває назрілу потребу **світоглядної** проблематики, хоч власне **світогляд** став самостійним предметом філософії достатньо пізно. М. Гайдеггер причину вбачає в тому, що тільки у Новий час «починається той рід людського існування, коли уся область людських здібностей виявляється захопленою у якості простору, де намічається і здійснюється оволодіння сущім у цілому» [1, с. 4]. Радикальні соціокультурні зрушення на тлі сучасних глобалізаційних тенденцій посилюють думку про те, що «людство має оновитися у новому світогляді, якщо воно не бажає загинути» [1, с. 2].

Філософія дає змогу піднятися з рівня механічного виконання доручень та стати фахівцем більш якісного розумного рівня: вчить критично мислити, робити всебічний аналіз, виводити загальні закони та закономірності, розкривати взаємозв'язки, висувати власні ідеї. І для авіаційних працівників також філософське осмислення допомагає виробити новий погляд на життя та розуміння реальності. Водій літального апарату повинен мати загальне уявлення про устрій світу, цілісність природи та суспільства. На межі психології та філософської антропології саме для пілотів важливим є формування позиції позитивного настрою на висоту, культивування таких рис як сміливість, рішучість, спокій, відповідальність, гуманість, альтруїзм та оптимізм.

Крім самого інструментарію та методології філософського підходу, важливим та актуальним постає філософська проблематика. Розширення горизонтів під час польоту, а також будь-яке занурення в глибинність питання - вирішення **гносеологічної (пізнавальної)** проблематики.

Але варто підкреслити саме **антропологічну** проблематику в авіації або **людноцентричність**. Збереження життя *людей* як найвищої *цінності*, - головна умова професійної діяльності працівників літального апарату. І вірна філософська позиція та політика – спрямування уваги саме на *людину*, і добре, коли її потреби – первинні та є прагнення ще й забезпечення комфортом під час авіаперельоту.

### **Список використаних джерел**

1. Корж Г.В., Васильченко Р.В. Світоглядна культура: традиції та сучасність. Монографія. Мін-во освіти і науки України, Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди. Харків : ФОП Панов А.М., 2020. 212 с.

*О.Ф. Коваленко, викладач  
Відокремлений структурний підрозділ  
«Криворізький фаховий коледж Національного авіаційного університету»*

## **ІСТОРІЯ СТАНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТКУ НАВЧАЛЬНОЇ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІЧНОЇ БАЗИ ВСП «КРФК НАУ»**

Історія створення НАТБ починається разом з історією самого коледжа в 1950-х роках ХХ століття. У 1953 р для практичних занять на літаках курсанти вже мали два ЛІ-2 і один УЛАГ і два реактивні літаки типу МІГ-9.

У другій половині 1950х рр. літакова база для практичного навчання вже складалася з двох літаків ЛІ-2, одного - ЛІ-12, двох реактивних літаків МІГ-9, двох ПО-2 і одного літака АН-2. Стоянка літаків розташовувалася на території училища (на місці нинішньої ідальні авіаколеджа). Безпосередньо організацією обслуговування авіаційної техніки займався старший авіамеханік Суворов Микола Олексійович.

В кінці 1950х рр. керівництво училища приймає рішення винести літакову стоянку за межі авіаучилища, в район діючого Криворізького аеропорту. У жовтні 1959 році під керівництвом інженера по спецобладнанню А. П. Стретовича, ст. авіамеханік Суворов М. А. і авіатехніка Костенко І. А. за допомогою трактора перебазували з території училища на територію нової навчальної стоянки наявні на той час літаки.

Поряд з розвитком структури навчального аеродрому формувалася і його інженерно-технічний склад. У 1960-1964гг. на посаді начальника експлуатаційно-виробничого циклу працював І. М. Дорошенко, здійснюючи безпосереднє керівництво навчальним аеродромом.

До авіаучилища стали надходити турбореактивна та турбогвинтова техніка. На зміну старій авіатехніки прийшли літаки 2го покоління: ТУ-104, ЛІ-18, АН-10. В середині 60-х років ХХ століття на аеродромі училища були літаки ТУ-104, ЛІ-18, АН-10, ЛІ-14, ЛІ-12, АН-2 і вертольоти Мі-4 і К-15.

У 1979р. на посаду начальника аеродрому був призначений Погребняк Володимир Сергійович. Виходячи з вимог експлуатації (на той час стали масово з'являтися літаки третього покоління-Ту-134, Ту-154, ЛІ-62, Як-42) під керівництвом Погребняка В. С. була розроблена стратегія розвитку навчально-виробничої бази авіаучилища. За 5 років з 1982-1988 г, керівництву училища вдалося розшукати по всій країні і забезпечити перегонку на стоянку в авіаучилище нових літаків.

У 1986 р при активній участі постійного складу та курсантів, на НАТБ було побудовано другий корпус. На сьогоднішній день в цих будівлях розміщені лабораторії ремонту радіоапаратури, авіаприбори комплексної перевірки спецобладнання, технічні класи і майстерні. Це дозволило організувати практичне навчання курсантів за принципом: "Літак - лабораторія - літак".

У 1988 р. на навчальну авіаційно-технічну базу (НАТБ) коледжу прибули, як виявилось, останні літаки - Ту-154Б, Як-42 і Ан-26. Що завершило формування парку літаків коледжу.

*А.О. Кольчак, здобувач освіти, М.О. Рашевський, к. ф.-м. н., викладач  
Відокремлений структурний підрозділ  
«Криворізький фаховий коледж Національного авіаційного університету»  
[alina.kolchak@g-suit.kk.nau.edu.ua](mailto:alina.kolchak@g-suit.kk.nau.edu.ua)*

### МЕТОД ТРАЕКТОРІЙ В КОМБІНАТОРИЦІ

Комбінаторика – це розділ математики, який вивчає задачі на підрахунок числа способів виконання тієї чи іншої дії (вибору об'єктів або їхнього розташування за певним правилом) [1; 2]. Це задачі перебірної (нумераційної) комбінаторики. Загалом комбінаторика, як розділ математики, має значно ширше коло застосування: це задачі кодування і декодування, шифрування, оптимізації тощо. Комбінаторика оперує зі скінченними множинами. Крім підрахунку кількості стандартних структур (перестановки, комбінації, вибірки) за відомими формулами, використовують також і спеціальні методи, один із яких – **метод траєкторій** [1; 3], який зародився понад століття тому [4], а здобув широкого використання [3] в середині минулого століття.

У цій доповіді просторовий метод траєкторій [5] використовується для доведення комбінаторних тотожностей [1; 2]. Зокрема, геометричним (траєкторним) методом доведено тотожність для біномних коефіцієнтів:

$$\sum_{i_1=0}^{n_1} \sum_{i_3=0}^{n_3} C_{i_1+i_3+k}^{i_1} \cdot C_{i_3+k}^{i_3} \cdot C_{n_1+n_3+k-i_1-i_3-1}^{n_1-i_1} \cdot C_{n_3+k-i_3-1}^{n_3-i_3} = C_{n_1+n_2+n_3}^{n_1} \cdot C_{n_2+n_3}^{n_2}$$

В окремому випадку ( $k=0$ ) тотожність запишеться у вигляді

$$\sum_{i_1=0}^{n_1} \sum_{i_3=0}^{n_3} C_{i_1+i_3}^{i_1} \cdot C_{i_3}^{i_3} \cdot C_{n_1+n_3-i_1-i_3-1}^{n_1-i_1} \cdot C_{n_3-i_3-1}^{n_3-i_3} = C_{n_1+n_2+n_3}^{n_1} \cdot C_{n_2+n_3}^{n_2}$$

Також подано геометричну інтерпретацію комбінаторним тотожностям [1]:

$$\sum_{i=0}^k C_n^i \cdot C_{n-i}^{k-i} = 2^k \cdot C_n^k;$$

$$\sum_{i=0}^k \sum_{s=0}^{k-i} C_n^i \cdot C_{n-i}^s \cdot C_{n-i-s}^{k-i-s} = 3^k \cdot C_n^k.$$

#### Список використаних джерел

1. Виленкин Н.Я. Комбинаторика / Виленкин Н.Я. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1969. – 328с.
2. Риордан Дж. Комбинаторные тождества. – М.: Наука, 1982. – 256 с.
3. Гнеденко Б.В. Введение в специальность математика. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991. – 240 с.
4. André D. Solution directe du problème résolu par M. Bertrand // Comptes Rendus de l'Académie des Sciences. 1887. V.105. P.436–437.
5. Рашевский Н.А. Метод траекторий в комбинаторике и теории вероятностей // Математическое образование. – 2019. – № 4(92). – С. 43-57.



*Є.І. Кофлик, студент, Т.О. Гринченко, викладач  
Відокремлений структурний підрозділ  
«Криворізький фаховий коледж Національного авіаційного університету»  
[Tigervillis@gmail.com](mailto:Tigervillis@gmail.com)*

## **ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ ВІЙНИ**

Енергоефективність промислових підприємств є однією з найактуальніших проблем сучасного світу. Це набуває особливого значення в умовах війни, коли енергетичні ресурси обмежені, а їх використання пов'язане з додатковими витратами. Тому промислові підприємства повинні вжити необхідних заходів для мінімізації залежності від енергоресурсів та підвищення енергоефективності. Які ж заходи приведуть до підвищення енергоефективності?

1. Енергоефективність виробництва. Цього можна досягти за рахунок використання нових технологій, що дозволяють знизити витрати енергії при виробництві продукції. Витрати на енергію можна також зменшити, покращивши теплоізоляцію будівлі та встановивши нові системи кондиціонування та опалення.
2. Збільшення використання відновлюваної енергії. Якби заводи могли працювати на вітровій або сонячній енергії, це допомогло б знизити витрати на енергію та зменшити залежність від нафтопродуктів та інших джерел енергії.
3. Оптимізація виробничих процесів і покращення управління енергією. Цього можна досягти завдяки використанню автоматизованих систем, які можуть оптимізувати виробничі процеси, зменшити витрати на енергію та скоротити непотрібне споживання енергії.
4. Розробка та реалізація плану зменшення споживання енергії в бізнесі. Такі плани повинні включати заходи, які допоможуть зменшити споживання енергії об'єктом, включаючи моніторинг та аналіз споживання енергії, оцінку та усунення витоків енергії та оптимізацію використання обладнання.
5. Вдосконалення системи енергоменеджменту. Це може включати використання інноваційних систем енергетичного моніторингу та контролю, які допоможуть покращити виробничі процеси, зменшити витрати на енергію та зменшити вплив на навколишнє середовище.
6. Навчання та інформування працівників про необхідність зниження енергоспоживання та застосування енергозберігаючих рішень. Це може включати проведення курсів і семінарів з енергоефективності та нових технологій, а також заохочення співробітників скорочувати споживання енергії в рамках своєї діяльності в бізнесі.

Загалом, підвищення енергоефективності промислових підприємств є пріоритетом військового часу, оскільки це може допомогти зменшити витрати на енергію, підвищити продуктивність і зменшити вплив на навколишнє середовище.

*Д.В. Кривенко, студент, К.В. Ліферова, викладач  
Дніпровський фаховий коледж радіоелектроніки  
[drpbk.info@gmail.com](mailto:drpbk.info@gmail.com)*

## **СИМЕТРИЧНИЙ НАПІВМОСТОВИЙ ДВОХТАКТНИЙ АВТОГЕНЕРАТОР**

Взагалі задача дослідження автогенераторів підвищеного рівня потужності є актуальною. Такі генератори можуть застосовуватись і в колах живлення, і в колах перетворення сигналів, а також як прилади для дослідження впливу електромагнітного поля, впливу електричного поля та рішення інших задач. Тому ми виділили багато часу для дослідження розробки таких автогенераторів. Була задача скласти схему автогенератора, щоб мала потужність до 40-50 Вт, живилась безпосередньо від мережі 220 В, забезпечувала вихідну напругу до 10кВ з можливістю подальшого множення. Такі генератори можна застосовувати в фізичних лабораторіях шкіл для проведення досліджень з напругою постійною або змінною величиною 10-20 кВ і потужністю в десятки ват. Ми обрали напівмостовий генератор, тому що він має ряд переваг. По-перше: при мінімальній кількості елементів схеми, забезпечується висока стабільність коливальних, легко забезпечити виконання умов автогенерації можна застосувати імпульсний трансформатор на фірмодному осередді і тим самим забезпечити розділ первинних кіл та кіл навантаження. Остання перевага має велике значення, тому що при безпосередньому живленні від мережі 220 В. Дана конструкція забезпечує ефективний розділ і таким чином забезпечується захист від випадкових уражень електричним струмом. Для побудови напівмостового автогенератора можна використати польові або біполярні транзистори. Ми обрали активні елементи виходячи з мінімальної вартості, тому що про проведенні чисельних експериментів, транзистори часто виходять з ладу і зростає вартість проведення експериментів. З широкого кола транзисторів, які можна тут застосовувати ми практично дослідили можливість використання транзисторів серії ТА, серії МЛ, а також серії S, і обрали транзистори S13009, які при мінімальній вартості забезпечують високу надійність при роботі з напругою до 500 В. Оскільки транзистори працюють на індуктивне навантаження можливі виникнення електрорушійної сили індукції вище, ніж напруга живлення, і для захисту таких викидів в схемі передбаченні супресори, що захищають переходи транзистори від високовольтних імпульсів. Для забезпечення зворотного зв'язку застосований трансформаторний зв'язок через магнітне поле.

Особливістю даної схеми є використання окремого трансформатора зворотного зв'язку на фериті тороїдальної форми з зовнішнім діаметром близько 8 мм. Застосування окремого трансформатора дозволяє легко забезпечити виконання як вимоги балансу фаз, так і вимоги балансу амплітуд.

Висновки: силові транзистори в схемі у вихідному стані закриті; відкриття забезпечуються нормованими імпульсами з схеми запуску; два плеча в схемі генератора забезпечують рівномірне завантаження транзисторів і можливість їх використання по черзі; використана схема дозволяє виключити те явище, коли відкривається два транзистори одночасно, що може призвести до їх електричного пошкодження.

*С.Є. Лук'яненко, здобувач вищої освіти ступеня бакалавра,  
Н.В. Смирнова, кандидат економічних наук, викладач-методист,  
М.Г. Босняк, кандидат технічних наук, доцент, викладач  
Відокремлений структурний підрозділ  
«Криворізький фаховий коледж Національного авіаційного університету»  
[muza\\_urania@ukr.net](mailto:muza_urania@ukr.net)*

## **ПІВДЕННОКОРЕЙСЬКА МОДЕЛЬ МЕНЕДЖМЕНТУ: ОСОБЛИВОСТІ ТА ПЕРЕВАГИ**

Південнокорейська модель менеджменту є різновидом Східної системи управління і дещо схожа на японську і китайську, але в той самий час має і певні особливості, які заслуговують не тільки на увагу, але й на те, щоб їх взяли за основу у якості окремого елемента інші національні моделі управління персоналом.

Так, у південнокорейських корпораціях поширеною є практика безперервного навчання персоналу впродовж всього трудового життя, що пояснюється доволі швидким застаріванням інформації: теоретичні знання слід оновлювати кожні 4-5 роки, практичні навички – 3-4 роки.

Цікаво, що таке навчання не є примусовим, але з погляду працівників виглядає як нагальна необхідність, оскільки на загально корпоративних семінарах персоналу подається інформація щодо реальної картини ринку праці (нові і більш перспективні спеціальності, рівень конкуренції на одне робоче місце, компетенції, яких вимагають роботодавці), що саме собою стимулює працівників підвищувати власний професійний рівень з метою набуття більшої конкурентоспроможності як на ринку праці, так і вищого рейтингу на підприємстві.

Самі ж працівник не займаються моніторингом сучасного інноваційно-технологічного ринку і ринку праці, а також пошуком курсів підвищення кваліфікації – це є функціями відповідного відділу – служби управління персоналом.

Такий підхід до управління персоналом забезпечує південнокорейським корпораціям тривалу конкурентоспроможність як на внутрішньому, так і на зовнішніх ринках.

Але, паралельно з цим, особливістю південнокорейської моделі менеджменту є значно довший робочий день і тиждень, незначна за тривалістю у порівнянні з нашою відпустка.

Відповідно, впроваджуючи елементи південнокорейського менеджменту персоналу, слід обирати ті з них, які найбільш відповідають як цілям підприємства, так і його корпоративній культурі. Якщо ж між ними є суттєві розходження, слід переглянути стратегію розвитку підприємства, а вже на її основі сформулювати нові цілі і елементи корпоративної культури.

*Д. І. Прокопенко, студент, С. В. Джулай, завідувач лабораторії  
Відокремлений структурний підрозділ  
«Криворізький фаховий коледж Національного авіаційного університету»  
[vqstas220283@gmail.com](mailto:vqstas220283@gmail.com)*

## **ХМАРНИЙ СЕРВЕР СИСТЕМИ ОХОРОНИ**

Хмарні платформи дають доступ до власної інформації з будь-якого гаджета в будь-якій точці світу. Це не тільки зручно, але й безпечно. Завдяки хмарній технології відкриваються великі можливості систем охорони для будинку, дачі, будови, бізнесу та інших будов.

Хмарний сервер системи охорони – це програмне забезпечення, що зберігає записані події, сповіщення, фото на віддалений хмарний сервер і дозволяє переглядати їх на різних девайсах у тому числі мобільних із будь-якої точки світу.

Використання хмарного сервера системи охорони має ряд переваг:

- передача інформації від централі до хмарного сервера здійснюється автоматично у вигляді зашифрованого каналу;
- компанія бере на себе відповідальність за виникнення несправностей хмарної системи, відсутності електроживлення.

У даний час перспективним є використання хмарного сервера в системі охорони. Міжнародна технологічна компанія Ajax Systems створила професійна бездротова система безпеки Ajax. Для зв'язку пристрої системи використовують розроблений компанією пропріетарний двосторонній радіопротокол Jeweller. Центральна консоль Ajax Hub використовує кілька незалежних каналів зв'язку (Wi-Fi, Ethernet, 2 SIM-картки (2G/3G/LTE)).

Сам Hub постійно тримає зв'язок із хмарним сервісом компанії, системою можна керувати віддалено через застосунки для смартфона та ПК. Система також може підняти тривогу у разі втрати зв'язку з хмарним сервісом.

Статус кожного пристрою системи відображається в реальному часі. Для визначення втрати зв'язку з центральною системою охорони серверу потрібно менше хвилини.

Керувати, налаштовувати й тестувати систему можна із будь-якої точки світу без попереднього налаштування мережевої техніки.

При виникненні непередбачуваних ситуацій, вимкнення серверу, несправність каналу зв'язку, система автоматично вирішує на кортії з серверів її перепідключитися. Всі хмарні сервери ізольовані одне від одного, і не страждають від перевантажень.

Актуальними постає питання модернізації існуючих систем охорони, котрі працюють автономно або під'єднанні до центрального пульта охорони. Якщо система автономна і не під'єднанні до центрального пульта охорони, то при виникненні непередбачуваних ситуацій, вимкненні живлення, несправність каналу зв'язку, власник не буде знати про дану ситуацію.

У зв'язку з цим виникає потреба під'єднання систем охорони до хмарного сервера. Але потрібно враховувати витрати на обладнання, можливість використання потрібного каналу зв'язку, а також врахувати актуальність модернізації.

*А.В. Рубан, студент, С.В. Рудий, викладач, А.М. Руда, викладач  
Відокремлений структурний підрозділ  
«Криворізький фаховий коледж Національного авіаційного університету»  
[rudyysergey@ukr.net](mailto:rudyysergey@ukr.net)*

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КЕРУВАННЯ НАЗЕМНИМ ТРАФІКОМ**

Останні дослідження щодо трафіку дорожнього руху показують, що зі збільшенням кількості транспортних засобів рух стає більш складним з кожним роком. Безперечно, дорожній рух є серйозною глобальною проблемою. Неefективність керування транспортним потоком викликає збільшення заторів, а як наслідок - збільшення марних витрат на паливе, погіршення екологічної ситуації та низку супутніх проблем, в тому числі і аварії з летальними наслідками.

Використання штучного інтелекту в управлінні дорожнім трафіком може змінити систему руху транспорту, усунувши недосконалості, що ускладнюють рух у містах. В результаті можна скоротити не тільки затори і час у дорозі, а й викиди у навколишнє середовище (за рахунок скорочення часу, що припадає на пробки).

З швидким розвитком штучного інтелекту (ШІ) керування дорожнім рухом різко змінилося. ШІ тепер дуже точно прогнозує та контролює потік людей, товарів, об'єктів, транспортних засобів у різних точках транспортної мережі. Оптимізуючи транспортні потоки на перехрестях і підвищуючи безпеку в періоди, коли дороги закриті через будівельні роботи або інші причини, штучний інтелект надає якісніше інформування про дорожню ситуацію, а також знижує кількість аварій. Здатність ШІ обробляти та аналізувати величезні обсяги даних також дозволила створити систему ефективного громадського транспорту, наприклад служби спільного використання.

Ефективність використання ШІ в галузі оптимізації дорожнього руху досягається наступними впровадженнями:

розумні світлофори. Звичайні світлофори, обладнані системою відеоспостереження та під'єднані до інформаційної мережі можуть передавати інформацію про ситуацію на дорозі. Система «машинного бачення» аналізує отримані дані і виробляє керуючі сигнали для оптимізації трафіку руху. Це потенційно зменшує навантаження на перехрестя і як наслідок зменшується кількість дорожніх заторів;

система автоматичного визначення дальності. Передбачається, що такі системи будуть впроваджені на всіх транспортних засобах, на законодавчому рівні. Датчики та камери будуть надавати інформацію бортовому комп'ютеру, який аналізує співвідношення безпечної дальності до об'єкта попереду транспортного засобу у відповідності до швидкості руху. Передбачається, що таке рішення зменшить кількість нещасних випадків та ДТП на транспорті;

розумне паркування. Система машинного бачення визначає «навантажені» ділянки, щодо припаркованих транспортних засобів і виробляє рекомендації щодо вільних місць паркування. Також, опробуванні системи автоматичного паркування дозволять здійснювати цей маневр більш безпечно.

Слід зазначити, що при використанні ШІ у транспортній сфері, треба звертати увагу на такі аспекти як кібербезпека, етичність «довіри» комп'ютерам прийняття рішень та використання «зелених» технологій енергозабезпечення подібних систем.

*І. М. Рябикін, А.Ю. Нікульніков, Є.Ю. Набок, курсанти,  
В.О. Гришин, завідувач лабораторії.  
Відокремлений структурний підрозділ  
«Криворізький фаховий коледж Національного авіаційного університету»  
[vitaliigryshin@gmail.com](mailto:vitaliigryshin@gmail.com)*

## **ТЕОРІЯ ПОВНІСТЮ ЕЛЕКТРИФІКОВАНОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ЛІТАКА ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ**

Нові магнітні матеріали та напівпровідникові прилади дозволяють використовувати електричну енергію як єдиний вид допоміжної енергії на борту літального апарату (ЛА), тобто перейти до літаків з повністю електрифікованим обладнанням (СПЕО). Критерієм досконалості ЛА в даний час є економічність та енергетична (паливна) ефективність. Концепція СПЕО має бути сумісна з іншими перспективними технологічними рішеннями, яких відносять: системи активного контролю; енергетично ефективний двигун; прогресивне крило суперкритичного профілю; конструкційні деталі із композиційних матеріалів; гвинтовинтеляторний двигун і т.д.

На даний момент дослідження спрямовані на з'ясування ефективності впровадження електрифікованих систем управління на існуючих літаках, а також на економічну вигідність створення нових літаків із СПЕО.

Наприклад, на СПЕО в протиоліднювальній системі можливо використовувати компресори з електродприводом, що дає економію маси в 1175 кг на 500-місному літаку. Лише за рахунок ліквідації відбору повітря, на потреби протиоліднювальної системи, ККД авіадвигуна підвищиться на 2%. Електрифікація літаків, що знаходяться в експлуатації, також дозволить покращити їх характеристики. Найбільш надійною для живлення електронних систем на СПЕО (насамперед рахунок простоти резервування живлення від АБ) є система електропостачання (СЕС) постійного струму. Крім того, СЕС постійного струму підвищеної напруги забезпечує високий ККД низки напівпровідникових пристроїв, зокрема транзисторних притворів системи керування електромагнітним приводом. На сучасних ЛА маса проводів керування становить до 70% маси всієї СЕС. Використання на СПЕО однопровідної системи розподілу електроенергії дозволить на (50÷70)% скоротити масу силової бортової мережі. Мультиплексні лінії скоротили масу проводів управління майже в 3 рази, але характеристики існуючих високочастотних мультиплексних систем явно недостатні для СПЕО. Єдиним виходом є використання волоконно-оптичних ліній зв'язку, що дозволить майже в 10 разів зменшити масу, обсяг, а так само скоротити вартість за значно більшої надійності передачі інформації. Так, для літака фірми Lockheed L1011 концепція СПЕО забезпечила скорочення його маси на 2200 кг.

Таким чином, повністю електрифіковані літаки не тільки забезпечують багатоканальний резерв електроживлення та резерв виконавчих механізмів, а й забезпечують суттєве зменшення маси габаритів бортового обладнання. Найбільш підходящим є використання повністю електрифікованого обладнання на великих літаках із злітною масою в 100 тонн. Економія маси становить 30 т від злітної маси 700-місного літака.

*О.А. Савченко, викладачка  
Кременчуцький льотний коледж  
Харківського національного університету внутрішніх справ  
[newspace1972@gmail.com](mailto:newspace1972@gmail.com)*

## **ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ**

Українська вища школа 21 століття — це результат величезних змін, що відбулися в системі вітчизняної освіти за останні роки. Пошуки рішення педагогічних проблем інноватики пов'язані з аналізом наявних результатів дослідження сутності структури, класифікації та особливостей протікання інноваційних процесі у сфері освіти. Інноваційний процес полягає у формуванні та розвитку змісту та організації нового в освітньому процесі. Під інноваційним процесом розуміється комплексна діяльність зі створення, освоєння, використання і поширення нововведень.

Інновації в освітньому процесі вважаються нововведеннями, спеціально спроектованими, розробленими або випадково відкритими в порядку педагогічної ініціативи. Нововведення — це нові якісні стани навчально-виховного процесу, що формуються при впровадженні в практику досягнень педагогічної і психологічної наук, при використанні передового педагогічного досвіду.

У сучасній педагогічній науці існують такі трактування понять “інновація” “інновація в освітньому процесі”: оновлення, зміни, впровадження нового; процес створення, розповсюдження, засвоєння і використання нововведень; кінцевий результат творчої діяльності у вигляді нової чи удосконаленої продукції, нового чи удосконаленого технологічного процесу; процеси введення та освоєння педагогічних нововведень; реалізоване нововведення, яке постійне вдосконалюється в процесі впровадження.

У педагогіці інновацію варто розглядати як реалізоване нововведення в освіті - у змісту методах, прийомах і формах навчальної діяльності та виховання особистості, у змісті та формах організації управління освітньою системою, а також в організаційній структурі закладів освіти, у засобах навчання й виховання та підходах до соціальних послуг в освітньому процесі, що суттєво підвищує якість, ефективність та результативність навчально-виховного процесу.

У сучасній системі освітнього процесу мають місце інновації як практичного, так і теоретичного рівнів; вони є показником її активного розвитку та адаптації до нових соціально-економічних умов, намаганням відповідати потребам і запитам суспільства, тобто і на далі ефективно реалізувати функції освіти.

Інновації в освітньому процесі є показником його реформування: на рівні змісту; на рівні методики; на рівні форм навчальної діяльності; на рівні управління освітньою системою; на рівні управління; на рівні послуг.

Підсумовуючи усе вищезазначене можна вважати, що чим більше в освітньому процесі будуть використовувати педагогічні інновації, тим більш розвиненими будуть здобувачі освіти та ознайомлені з процесами впровадження інновацій керівники закладів вищої та фахової передвищої освіти, зокрема науково-педагогічні та педагогічні працівники.

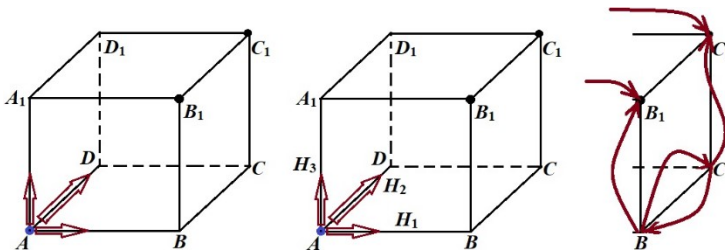
С.О. Семеряга, здобувач освіти, М.О. Рашевський, к.ф.-м.н., викладач  
 Відокремлений структурний підрозділ  
 «Криворізький фаховий коледж Національного авіаційного університету»  
[sonyasemeryaga08@gmail.com](mailto:sonyasemeryaga08@gmail.com)

## ГРАФИ У ЗАДАЧАХ ТЕОРІЇ ЙМОВІРНОСТЕЙ

Використання графів у математиці, електротехніці, програмуванні, економіці, соціології та інших галузях знань і практичної діяльності, широко відоме, і цьому питанню присвячена велика кількість досліджень спеціалістів різних напрямків [1, 3]. Проста геометрична інтерпретація (точки на площині, сполучені лініями) робить використання графів і наочним, і зручним. Зупинимося на використанні графів у задачах теорії ймовірностей. У цій доповіді розглянуто задачі, де застосування розробленого в [3] методу не приводить до отримання результату без додаткових досліджень. Розглянемо задачу із міжнародної математичної олімпіади.

**Задача.** ([2], № 27.12, с. 79). Точка рухається по ребрах куба  $ABCD A_1 B_1 C_1 D_1$ , розпочавши рух із вершини  $A$ . Із будь-якої вершини (крім  $B_1$  і  $C_1$ ) вона може рухатися, обираючи навмання з однаковою ймовірністю одне із трьох ребер, що виходять із цієї вершини. Вершини  $B_1$  і  $C_1$  відрізняються тим, що потрапивши у будь-яку із них, точка припиняє рух. З якою ймовірністю точка зупиниться у вершині  $B_1$ ? Яка ймовірність того, що точка ніколи не зупиниться?

Використовуємо граф-схему задачі, зображену на рисунку.



Методом [3] складемо систему рівнянь, яка не дає можливості без додаткових досліджень отримати невідомі умовні ймовірності, оскільки вони виражаються через основну шукану ймовірність, що є наслідком наявності декількох циклів у графовій схемі. У доповіді розглядається сформульована задача. Більш складними є задачі, що описуються так званими мережами Байєса. Останні досить широко використовуються у сучасних прикладних дослідженнях.

### Список використаних джерел

1. Березина Л.Ю. Графы и их применение: Пособие для учителей. – М: Просвещение, 1979. – 143 с. с ил.
2. Зарубежные математические олимпиады / Конягин С.В., Тоноян Г.А., Шарыгин И.Ф. и др.; Под ред. И.Н. Сергеева. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – (Б-ка мат. кружка). – 416 с.
3. Рашевский Н.А. Графы как наглядные модели задач на условную вероятность // Математическое образование. 2018. № 4 (88). – С. 50-60.



*М.Л. Симоненко, студент, І.А. Гладиш, викладач, спеціаліст вищої категорії  
Відокремлений структурний підрозділ*

*«Криворізький фаховий коледж Національного авіаційного університету»*

[simon012.ua.1234567@gmail.com](mailto:simon012.ua.1234567@gmail.com)

## ТЕХНОЛОГІЇ AR, VR, MR (ДОПОВНЕНОЇ ТА ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ) В ОСВІТІ

Нове покоління студентів, глобальна конкуренція у сфері вищої освіти, розвиток електронного навчання – все це призводить до змінення парадигми освіти, до нового розуміння того, як люди можуть та повинні навчатися. В світі є попит на розвиток електронних форм онлайн-навчання. Освіта все більше переміщується в інтернет-середовище і стає дистанційною.

Основною ідеєю використання віртуальної і доповненої реальності є розширення можливостей взаємодії людини з навколишнім середовищем. Такі засоби навчання дозволяють отримувати знання і навички до деякої міри незалежно від місця і часу, в комфортних, звичних умовах. Важливою є можливість організації навчання людей з інвалідністю.



Рис. 1. Графічна класифікація AR, VR, MR

Доповнена реальність (Augmented Reality, AR) - це техніка візуалізації, яка пов'язана з комбінуванням об'єктів реального світу і інформації, згенерованої за допомогою комп'ютера. Основна ідея доповненої реальності полягає в поєднанні живої реальності з віртуальною. Технологія дозволяє «накладати» віртуальний контент на реальний світ.

Віртуальна реальність (Virtual Reality, VR) - це технологія, що дозволяє користувачеві повністю зануритися у штучно створене за допомогою комп'ютера віртуальне середовище. Найсучасніші методи реалізації VR забезпечують свободу пересування - користувачі можуть пересуватися в цифровому середовищі, управляти ним, та чути звуки, є відеоролики 360 градусів.

Змішана реальність (Mixed Reality, MR) - це найновіша розробка в технології віртуальної реальності, яка може викликати різноманітні відчуття.

VR/AR-технології - це наступний крок в електронній освіті, який підвищить інтерес студентів, що збільшить якість і кількість засвоєного матеріалу.

*Д. В. Смаглюк, Є. В. Ізмайлова, студенти,  
С. Л. Цвіркун, кандидат технічних наук, викладач-методист  
Відокремлений структурний підрозділ  
«Криворізький фаховий коледж Національного авіаційного університету»  
[tserg30@ukr.net](mailto:tserg30@ukr.net)*

## **СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ РАДІОТЕЛЕСКОПА**

Сучасні радіотелескопи є найважливішими радіоастрономічними інструментами, які застосовуються для дослідження космічного простору. Радіотелескоп є складним об'єктом управління і може мати у своєму складі до 7 регульованих приводів: 2 приводу для переміщення дзеркала антени і до 5 приводів для переміщення і орієнтації дзеркала контррефлектора.

Для забезпечення високих точностей стеження датчики зворотних зв'язків встановлюються на осях обертання дзеркала і контури зворотних зв'язків замикають багатомасові пружні ланки, які мають пружні деформації, резонансні частоти, люфти і сухі тертя. Досягнення високого діапазону регулювання швидкості запезпечують двохдвигунні електроприводи з механічним диференціалом: привід повільного руху забезпечує стеження за астрономічними об'єктами, привід швидкого руху здійснює переустановку антени в нове робоче положення.

Слід зазначити, що використання двигунів постійного струму в приводах радіотелескопів мають кращі регульовальні характеристики по відношенню до приводів на базі двигунів змінного струму. У порівнянні з двигунами постійного струму, що мають складний і дорогий щітково-колекторний вузол, асинхронний двигун з короткозамкнутим ротором має просту конструкцію, у нього відсутні рухливі контакти. Крім того, при однаковій потужності АД має в 2,5-3 рази меншу масу і в 8-10 разів меншу вартість, ніж двигуни постійного струму.

У даний час перспективним є застосування спеціалізованих електромеханічних модулів на базі АД, до складу яких входять фотоімпульсні датчики, що вимірюють швидкість і кутове положення ротора, електромагнітні муфти і вентилятори примусового охолодження. Використання таких модулів, керованих від векторних перетворювачів частоти, дозволило створити високодинамічні та високоточні електроприводи.

Актуальними постає питання упровадження електроприводів на базі двигунів змінного струму, перш за все асинхронних, для опорно-поворотних пристроїв радіотелескопів і радіолокаторів. Такі приводи можуть застосовуватися як для новостворюваних радіотелескопів і радіолокаторів, так і для побудованих раніше.

Отже, елементна база приводів застаріла як морально, так і фізично. У той же час вимоги до приводів даних систем по точності, швидкодії, багатофункціональності, ресурсу роботи, компактності та надійності постійно зростають. У зв'язку з цим виникає потреба або створювати заново подібні системи або модернізувати вже існуючі. Другий шлях, безсумнівно, є більш дешевим, так як не вимагає розробки і виготовлення найдорожчих елементів: дзеркал і відбивачів, діаметр яких досягає декількох десятків метрів, а точність виготовлення повинна бути дуже високою.

*Н.В. Смирнова, кандидат економічних наук, викладач-методист,  
М.Г. Босняк, кандидат технічних наук, доцент, викладач  
Відокремлений структурний підрозділ  
«Криворізький фаховий коледж Національного авіаційного університету»  
[muza\\_urania@ukr.net](mailto:muza_urania@ukr.net)*

## **АДМІНІСТРАТИВНІ МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ МОТИВАЦІЇ ПЕРСОНАЛУ**

Відомо, що на професійну активність працівників впливають як їх особистісні переконання – мотиви, так і дії сторонніх осіб з метою спонукання до того чи іншого виду діяльності – стимули.

Доволі поширеним є погляд на те, що найбільший вплив на поведінку працівника здійснюють саме стимули, хоча, в дійсності вони лише підкріплюють мотиви. Дізнатися ж останні можна, отримавши від працівника відповідь на питання щодо доцільності його праці. Так, відповідь на питання «Чому?» може у більшості випадків зводитися до: «Платять гроші і я працюю» або «Це надасть мені можливості саморозвитку і в подальшому більш ефективного керівництва відділом (підприємством)». Перша відповідь прямо характеризує відношення до виконання посадових обов'язків як до трудової повинності, яка, до того ж, «не мила» працівникові, але він її виконує, бо отримує за таке «виконання» заробітну плату. Друга відповідь є більш адекватною і характеризує працівника як повноцінну особистість, для якої заробітна плата теж має значення, бо навіть тоді планувати сходинки саморозвитку, але окрім суто власних матеріальних інтересів, він має ще бажання покращити загальний імідж підприємства і ефективність кінцевого результату його діяльності.

Отже, заходи адміністрації щодо формування ефективного мотиваційного механізму мають бути спрямовані на розвиток творчої ініціативи працівників, що надали другу відповідь, досягти чого можна за рахунок створення атмосфери, що сприятиме розвитку їх професійних здібностей, креативності і винахідливості, підкріплюючи кожне з їх досягнень відповідними матеріально-економічними стимулами, як-то премія чи покращення умов праці.

Відносно ж першої групи працівників слід зазначити, що від таких «кадрів», як би це не здавалося не етичним, за умов стабільності їх професійної поведінки, підприємство повинно позбавлятися, а не чекати падіння власного іміджу і прибутковості.

Ми навчаємося у навчальних закладах, а на роботі працюємо і не слід плутати ці процеси місцями. Жоден керівник не зобов'язаний навчати своїх підлеглих виконувати посадові обов'язки. Це, по-перше, не логічно, а по-друге, у кожного з нас є власна норма відповідальності і обсяг повноважень, за що ми і отримуємо заробітну плату.

Тобто, підсумовуючи вище зазначене, можна зробити висновок, що побудова системи ефективною мотивації має базуватися на взаємній співпраці керуючої і керованої системи.

*Н.В. Смирнова, кандидат економічних наук, викладач-методист  
Відокремлений структурний підрозділ  
«Криворізький фаховий коледж Національного авіаційного університету»  
[muza\\_urania@ukr.net](mailto:muza_urania@ukr.net)*

## **ЛЮДСЬКІ ПОТРЕБИ – БАЗИС ПРОГРЕСУ ЦИВІЛІЗАЦІЇ**

Відомий факт: ідеї викликають прогрес. Але постає питання, що викликає ідеї, а саме бажання вдосконалити існуючий стан речей. Таким механізмом виступають людські потреби. Все, що ми бачимо, споживаємо і чим користуємося, все це є результатом задоволення різного рівня потреб. По-суті, все це є матеріалізацією людської думки – ідеї, яка виникла як свідомо реакція на пошук варіантів задоволення потреби. Можна наводити безліч прикладів, але відомо, що саме потреби у захисті сприяли появі в первісних суспільствах навичок видобутку вогню. В подальшому це надало можливість розвинути технологію будівництва житла. Відповідно, за умови існування первісного (архаїчного) суспільства життя і «житлові умови» людей у значній мірі залежали від їх винахідливості.

Все те, чого досягло людство до даного часу, є результатом розвитку людських потреб: винахід колеса, парової машини, конвеєра, комп'ютера і мобільного телефону. Так, за архаїчних суспільств виникають перші знаряддя праці, переважно сільського сільськогосподарського призначення і колеса, як результату реалізації потреби перевезення вантажів і переселення.

Сучасні грошові знаки теж є наслідком розвитку людських потреб. Так, протоекономічні відносини виникли як результат довільного обміну товарами різної мінової вартості, що, в свою чергу, стало результатом реалізації потреби обміну зайвими у господарстві речами. Еволюціонуючи разом з розвитком виробничо-господарських відносин, гроші набували тієї форми, використання якої було найбільш доцільно і зручно у певну епоху.

Людські потреби заощадливості сприяли винайденню лічби, рахівниць, системи бухгалтерських рахунків, електронних платіжних систем. Сучасна ж інформатизація суспільно-господарських відносин створила передумови для розвитку і використання мобільних сервісів, що дозволяють користуватися всіма перевагами інформаційного суспільства, не витрачаючи при цьому час на пошук необхідної інформації. Роботизація, що прийшла на зміну автоматизації і механізації, теж є наслідком зростання людських потреб щодо зменшення використання праці і виробництва більш якісних але більш універсальних товарів, що, відповідно, здешевлює їх кінцеву собівартість. Але подальший прогрес цивілізації у такому напрямі може розвиватися двома шляхами: зниження професійної активності працівників або ж розвиток їх творчих можливостей за рахунок збільшення кількості вільного часу. Отже, розглядаючи перший варіант, можна стверджувати, що роботизація і автоматизація суспільства остаточно зменшить ділову, професійну і творчу активність населення. Другий варіант розвитку людської цивілізації теж не можна вважати однозначним, оскільки, зважаючи на неоднорідність потреб, можна стверджувати, що здатність до творчості, яка визначається генетичним кодом, розвинена не у всіх.

*Н.В. Смирнова, кандидат економічних наук, викладач-методист  
Відокремлений структурний підрозділ  
«Криворізький фаховий коледж Національного авіаційного університету»  
[muza\\_urania@ukr.net](mailto:muza_urania@ukr.net)*

## **СУБ'ЄКТИВНІ ФАКТОРИ ФОРМУВАННЯ ПЕРЕШКОД МІЖСОБИСТІСНИХ КОМУНІКАЦІЙ: СУТНІСТЬ І МЕТОДИ ПОДОЛАННЯ**

Не зважаючи на форму власності і специфіку діяльності підприємства, суттєвими перешкодами формування міжрівневих комунікацій частіш за все є свідоме ухилення працівників від спілкування на теми, що безпосередньо стосуються виконання посадових обов'язків, що можна пояснити низьким рівнем їх освіти, самоорганізації і відповідальності. Під час формування ефективних комунікацій не може бути головної сторони, ініціатора нововведень. Створення системи співпраці керуючої і керованої системи є спільним завданням для всіх її учасників. Зі сторони адміністрації доцільним є впровадження таких заходів:

- щоквартальні наради трудового колективу з метою розгляду загально-фірмових питань і стратегічних напрямів розвитку підприємства;
- щомісячна наради з менеджерами середньої ланки щодо постановки поточних завдань;
- наради менеджерів середньої ланки з підлеглими працівниками що два тижні для вирішення поточних виробничих питань;
- розробка системи заохочень і стягнень для регулювання якості виконання виробничих завдань, як-то коефіцієнту трудової участі;
- перегляд оновлення посадових інструкцій працівників з метою фіксації у них всіх їх обов'язків;
- доведення до учасників трудового колективу змісту основних нормативно-правових актів, що регулюють діяльність даного підприємства;
- спілкування з підлеглими менеджерами з метою виявлення відхилень в їх роботі;
- преміювання ініціативи і творчості;
- особисте дотримання норм корпоративної культури підприємства.

Зі сторони підлеглих необхідними умовами налагодження ефективних комунікацій є:

- самоорганізація і порядок на робочому місці;
- самовдосконалення – здобуття нових знань, умінь і навичок;
- самоосвіта – вивчення питань економіки і психології;
- особисте не сприйняття наслідування поведінки інших учасників колективу;
- власне моральне вдосконалення.

Звісно, дані заходи щодо побудови системи ефективних комунікацій є можливими лише за умови достатньо високого рівня самосвідомості і етики учасників трудового колективу, перевірити який доволі легко, задавши питання: «Навіщо працюєте?» Відповідь на нього і буде суб'єктивною причиною ставлення працівника до посадових обов'язків.

*М.А. Смоляр, здобувач освіти, О.І. Лозін, викладач  
Відокремлений структурний підрозділ  
«Криворізький фаховий коледж Національного авіаційного університету»  
[lozin-aleksandr@ukr.net](mailto:lozin-aleksandr@ukr.net)*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПАСИВНИХ ТА АКТИВНИХ РЕТРАНСЛЯТОРІВ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ**

Мобільний зв'язок тісно увійшов в наше життя, тому потреба в постійній його наявності з високою якістю сигналу є цілком природньою. Цього можна досягти за умови прямої видимості між базовою станцією та мобільним телефоном або іншим приладом мобільного зв'язку та за наявності достатнього рівня сигналу. Але використовуючи мобільний зв'язок в закритих приміщеннях, підвалах, укриттях цивільного захисту або при значних відстанях між базовою станцією та мобільним телефоном цього досягти складно. Тому виникає питання: яким чином можна покращити рівень сигналу між базовою станцією та мобільним телефоном. Для цього використовують пасивні або активні ретранслятори мобільного зв'язку.

Пасивний ретранслятор складається з двох узгоджених антен (зовнішньої і внутрішньої), які об'єднує з'єднувальний коаксіальний кабель. Активний ретранслятор, на відміну від пасивного, ще містить підсилювач GSM-сигналу. Найбільший ефект поліпшення якості зв'язку спостерігається, при дотриманні таких правил:

- використання направленої зовнішньої антени з достатнім коефіцієнтом підсилення;
- пряма видимість зовнішньої антени на базову станцію;
- близькість зовнішньої антени до базової станції оператора;
- мінімізація загасання сигналу в коаксіальному кабелі.

При виборі ретранслятора та антен слід враховувати в якому діапазоні необхідно посилити сигнал. Наприклад, найчастіше в міській місцевості для четвертого покоління мобільного зв'язку (4G) використовують band 7 (2600 МГц), в сільській місцевості band 3 (1800 МГц). Найпростішим способом визначення частоти є використання мобільного телефону з встановленим застосунком для визначення параметрів мережі. Використовувались такі застосунки: «Network cell info», «Netmonitor». За допомогою них визначались робочі частоти мережі та рівень сигналу від базової станції в зоні прямої видимості та з використанням пасивного та активного ретрансляторів в приміщеннях, де мобільний зв'язок без використання ретрансляторів був відсутній. Для виготовлення пасивного ретранслятора використовувалась зовнішня саморобна антена типу «хвильовий канал» та внутрішня типу «несиметричний вібратор». Довжина кабелю становила 2,5 м. Внутрішня антена була розташована в підвальному приміщенні приватного будинку, де був відсутній мобільний зв'язок. При використанні такого пасивного ретранслятора сигнал мобільного зв'язку з'явився, але мав не значний рівень. Це вже дозволяло здійснювати дзвінки, але швидкість інтернету бажала бути кращою.

Наступним кроком було дослідження роботи активного ретранслятора мобільного зв'язку. В якості антен використовувались ті самі антени. Але в приміщенні вже було зафіксовано сигнал по рівню приблизно рівному ззовні.

*Д.В. Тимофієв, студент, Т.Т. Рищиковець, викладач  
Дніпровський фаховий коледж радіоелектроніки  
[drpbk.info@gmail.com](mailto:drpbk.info@gmail.com)*

## ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ РЕСИВЕРА З МІКРОКОНТРОЛЕРНИМ КЕРУВАННЯМ

### Поставлена задача:

- розробити схемотехнічне рішення для дослідження режимів перестройки по діапазонам ресивера з амплітудною та частотною модуляціями;
- врахувати запит на автономну роботу ресивера;
- передбачити можливість здійснювати процес заряджання вбудованого хімічного джерела струму від поширених блоків живлення;
- передбачити використання розробки в освітньому процесі коледжу.

Ресивер побудований за супергетеродинною схемою з роздільним перетворенням частоти для кожного діапазону (АМ та ЧМ).

Для контролю точності настройки на обрану радіостанцію в проєктованому пристрої передбачений рідиннокристалічний індикатор. Він дозволяє відтворювати оперативну інформацію про роботу пристрою, а саме частоту налаштування (в МГц - для ЧМ, в кГц – для АМ), режим роботи стереодекодера, обраний діапазон.

Для дослідження процесу перестройки ресивера по кожному з діапазонів передбачений спеціалізований цифровий вольтметр, який вимірює напругу в контрольній точці. В дані контрольній точці формується напруга керування системою перестройки по частоті кожного діапазону, яка подається на мікроконтролерним.

З метою забезпечення повноцінного функціонування пристрою, навіть в умовах відключення мережі живлення навчального закладу, в пристрої передбачено використання хімічного джерела струму. В якості елемента живлення використано акумулятор Li-іон типорозміру 18650 з номінальною ємністю 2600 мА\*г.

З метою організації оптимального циклу заряджання в схемотехнічному рішенні передбачено використання контролера лінійного типу TP4056. Ця міросхема в парі з DW01 дозволяє вирішити такі задачі:

- стабілізація струму та стабілізація напруги під час заряджання акумулятора;
- відключення акумулятора при досягненні верхнього або нижнього значення припустимої напруги;
- відключення акумулятора при короткому замиканні;
- візуальне сповіщення про процес заряджання акумулятора за допомогою світлодіодів.

**Висновки:** результатом розробки є автономний демонстраційний стенд, що відповідає заявленим вимогам з можливістю здійснення досліджень процесу перестройки частоти у таких межах:

87.0 МГц – 107.9 МГц для діапазону з частотною модуляцією;

560 кГц – 1700 кГц для діапазону з амплітудною модуляцією.

Обраний акумулятор в повністю зарядженому стані дозволяє безперервно працювати пристрою автономно 80 годин.

*Т.І. Філатенко, голова циклової комісії хіміко-біологічних дисциплін  
Комунальний заклад  
«Криворізький фаховий медичний коледж» Дніпропетровської обласної ради»  
[filatenkotatyana@ukr.net](mailto:filatenkotatyana@ukr.net)*

## **ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ГРАМОТНОСТІ ВИКЛАДАЧІВ У ФОРМАТІ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ В ОСВІТНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ ЗАКЛАДУ ФАХОВОЇ ПЕРЕДВИЩОЇ ОСВІТИ**

В зв'язку з подіями, які відбувались і відбуваються зараз у світі та в Україні, викладачі коледжу в достатньо стислий час створили власний інформаційно-освітній простір, який забезпечує можливість проводити заняття у форматі змішаного та дистанційного.

Найбільш часто викладачі коледжу використовують он-лайн дошки, такі як GoogleJamboard, Padlet, Excalidraw. Затребуваність інтерактивної віртуальної дошки Jamboard пояснюється тим, що цей інструмент дистанційного навчання дозволяє організувати спільну роботу студентів з достатньо великими блоками інформації, які розміщуються на дошці, крім того всі присутні на занятті можуть додавати свої матеріали у вигляді документів, рукописних текстів, малюнків, фото, аудіозаписів. Дошку Jamboard доцільно використовувати коли необхідно організувати роботу студентів в групах, мікро-групах, в парах або при підготовці студентами навчального проекту.

Дошка Padlet не є додатком Google Workspace for Education, але теж користується у наших колег популярністю за рахунок легкого, зручного, доступного для користування україномовного інтерфейсу. Зважаючи на те, що всі, хто має доступ до дошки, можуть надавати коментарі, вона використовується для організації спілкування студентів в рамках спільного обговорення певної проблеми (література, мова), ситуаційної задачі, кейсу та іншого у випадку професійно-орієнтованої освітньої компоненту. На дошці студенти розміщують тексти із власними думками, фото, файли, посилання, замітки.

Досить часто викладачі використовують онлайн-сервіс інтерактивних вправ «Flippity.net». Можливості щодо створення завдань у додатку різноманітні: кросворди, вікторини, креативні ігри, мультимедійні картки. Кожен викладач може обрати те, що відповідає тематиці заняття, змісту завдання, або використовувати для контролю знань «з можливістю самоперевірки».

Інтернет-сервіс мультимедійних дидактичних вправ LearningApps – доречний на етапі тренувальних вправ. У коледжі складена база завдань з освітніх компонент для багатьох дисциплін.

Отже, це невеликий перелік форм та методів роботи викладачів коледжу в режимі он-лайн. Особливо складно те, що необхідно постійно слідкувати за оновленнями технологій та засобів, для того, щоб викладання було аргументоване, сучасне, актуальне та цікаве здобувачам освіти.



*А.О. Царенко, викладач вищої категорії, викладач-методист  
Кременчуцький льотний коледж  
Харківського Національного університету внутрішніх справ  
[andreklk78@gmail.com](mailto:andreklk78@gmail.com)*

## **АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ КЕРМОВОГО ГВИНТА ВЕРТОЛЬОТУ Н-125**

Кермовий гвинт дозволяє керувати апаратом по осі рискання. Зусилля, що впливають на нього, включають реактивний момент несучого гвинта і момент тяги кермового гвинта.

На вертольоті Н-125 встановлений гнучкий гвинт типу, що коливається. Він виготовлений головним чином із композитних матеріалів (вуглець, кевлар тощо). Лише кілька сполучних елементів виготовлено з металу. У цьому гвинті не використовуються традиційні осьові та горизонтальні шарніри, а відсутність відповідних підшипників полегшує технічне обслуговування. Кермовий гвинт такої конструкції має наступні переваги: практично повна відсутність технічного обслуговування, безвідмовна конструкція, догляд залежно від стану тощо.

Базовим елементом гвинта є лонжерон з пучка склопластику, на якому утримуються дві литі лопаті. Лонжерон вставлений у дві половинні деталі, одна з яких має отвір і забезпечує монтаж з балансуванням лопатей на скобу втулки вала гвинта.

Балансувальна монтажна частина забезпечує функцію «змах»: вузол лопаті обертається навколо осі балансира і «балансиє» через кожну 1/2 обороту. Тобто, коли лопать, що наступає, піднімається відносно площини обертання, лопать, що відступає, симетрично опускається. Змах лопатей компенсує асиметрію тяги між лопатями, що наступає і відступає.

Обшивка лопаті зі склотканини підігнана до передньої крайки лонжерона в головній частині, що не скручується. Простір між лонжероном та обшивкою заповнено синтетичною піною (алкідний ізоціанат). На комлі лопаті обшивка захоплюється фланцевим кільцем із легкого сплаву. Фланцеве кільце утримує важіль зміни кроку, де знаходиться тяга зміни кроку Кермового гвинта та два великі виступи (вантажі для вагового балансування). На осі балансиру лонжерон затиснутий між двома металевими половинами. Між половинами та фланцевим кільцем знаходяться два шаруватих напіввідшипники з натуральної гуми та металу, які деформуються на скручування та зсув. У зоні скручування піна, що заповнює, утворює виїмку, щоб забезпечити вільну деформацію пластини лонжерону.

*В.В. Шарєва, здобувач освіти, О.Ф. Коваленко, викладач  
Відокремлений структурний підрозділ  
«Криворізький фаховий коледж Національного авіаційного університету»*

## **ВИТОКИ УКРАЇНСЬКОГО АВІАБУДУВАННЯ**

Історія розвитку авіації триває вже понад дві тисячі років, починаючи з появи перших повітряних зміїв і стрибків з веж з різними конструкціями крил, закінчуючи польотами на перших реактивних літаках, що дозволило здійснювати польоти на надзвукових, і гіперзвукових швидкостях.

Видатний італійський винахідник Леонардо да Вінчі (1452—1519) ще в 1505 році написав трактат «Кодекс про політ птахів. У ньому на основі вивчення польоту птахів він запропонував проєкт літального апарату — прототип сучасного дельтаплану.

Перші спроби побудувати літак в Російській імперії робилися ще в XIX столітті, а саме літак із паровим двигуном було виготовлено 1882—1885 роках інженером Можайським (1825-1890). Проте жодна з його конструкцій не змогла піднятися у повітря. Причинами цього були: дуже велика маса та непристосованість тодішніх двигунів до умов авіації.

17 грудня 1903 року Орвілл Райт здійснив революцію у авіабудуванні - перший у світі політ на літаку, важчому за повітря, сконструйованому ним разом зі своїм братом Вілбером. Біплан "Флаєр 1" був обладнаний бензиновим двигуном внутрішнього згорання і протримався у повітрі 12 секунд, подолавши відстань 37 метрів

Тим часом нові країни і люди включалися у процес розвитку авіації. В Російській імперії в 1909 року нарешті виявили цікавість до літаків. Було вирішено відхилити пропозицію братів Райт про покупку їх винаходу і будувати літаки власними силами. Через деякий час, у 1910 році, професор Київського політехнічного інституту Олександр Кудашев здійснив політ на літаку власної конструкції. Навесні 1909 року професор Делоне зі своїми синами і викладачами КПІ Ганицьким і Гарфом побудував свій перший планер - біплан з балансирним управлінням. У січні 1911 року в приміщенні Публічної бібліотеки відкрилася 1-а Повітроплавна виставка.

Велику роль в пропаганді ідей авіації і повітроплавання зіграли виставки Київського товариства повітроплавання. З виставлених експонатів найбільше привертав увагу моноплан студента КПІ Ігоря Сікорського, на якому конструктору вже вдалося здійснити пробні польоти.

З Київського товариства повітроплавання вийшла найбільша в Росії кількість авіаційних конструкторів. За період з 1909 року по 1912 рік київські ентузіасти створили близько 40 різних типів літаків – більше, ніж в будь-якому іншому місті Росії. І майже всі були створені студентами та викладачами КПІ.

## **ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС ПРИ ВИВЧЕННІ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ**

Мета роботи полягає в створенні та покращенні умов навчання студентів у віртуальному середовищі для формування спеціальних навичок при дистанційній освіті. Під час навчання студенти здобувають досвід, який допоможе їм в майбутньому при виконанні реальних проєктів систем автоматизації різних галузей промисловості. Актуальним питанням являється впровадження інноваційних технологій в нових умовах. Треба заохотити студентів, зацікавити їх новітніми підходами до практичної реалізації схем автоматизації.

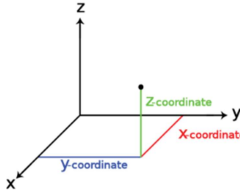
Наприклад, практичне засвоєння знань в середовищі Zelio Soft дозволить студентам симулювати будь-який технологічний процес, або його частину, відстежувати та виправляти помилки в проєктній схемі. А також виконувати симуляцію без наявності самого інтелектуального реле, що є дуже актуальним під час дистанційного навчання.

Також дуже важливим аспектом комплексного розуміння спеціальності являється уміння впроваджувати у систему автоматизації диспетчер SCADA. Програма Trace Mode, що виконує функції цього диспетчера, дозволяє візуалізувати та віртуально відтворити технологічний процес та будь-які ланки САР.

Таким чином, студенти навчаються не тільки проєктувати системи автоматизації в сучасних програмах, але й аналізувати свою практичну роботу, робити висновки, тобто комплексно вирішувати задачі спеціальності. Це сприяє підвищенню рівня майбутнього фахівця в даній області.

## ВДОСКОНАЛЕННЯ 3D ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ

3D — представлення об'єкта в трьох просторових вимірах. Як правило, ці виміри представлені в вигляді координат X, Y, та Z. Можливо мати дані з ідентичними координатами x та y при відмінній координаті Z.



В математиці, аналітична геометрія описує кожен точку тривимірного простору через значення трьох координат. Дані три координатні осі попарно перпендикулярні в початку координат — точці, де вони перетинаються. Вони позначаються  $x$ ,  $y$  і  $z$ . Відносно цих осей, розташування будь-якої точки в тривимірному просторі задається впорядкованою трійкою чисел, кожне з яких є відстанню до цієї точки від початку координат уздовж даної осі, що дорівнює відстані від цієї точки до площини, заданої двома іншими осями. Цей простий спосіб використаний при складанні програми, що керує рухом фрези в даному станку. Особливість даної розробки в тому, що сучасні 3D технології ми пропонуємо застосовувати для конкретної задачі – виготовлення друкованих плат. Звичайно, ми усвідомлюємо, що сьогоднішній день існують досить досконалі технології, що дозволяють виготовлювати плати дуже високої якості, металізацією отворів, мікронною точністю друкованого виконання індуктивностей і т.д. Наприклад, у нас в коледжі застосовується метод фоторезиста на плівках та в рідинних формах. Але сучасні технології в основному призначені для масового випуску плат, а ми пропонуємо технологію, яка є оптимальною при експериментальних виробництвах в одиничних екземплярах. Ми спроектували та виготовили станок, в якому реалізована 3D технологія з використанням сучасного мікропроцесора Arduino. При проектуванні використано спрощене програмне забезпечення, що третя (вертикальна) координата Z має обмежене переміщення. В даній розробці врахований той факт, що товщина металізації плати не перевищує 0,3...0,5 мм, а товщина основи має обмежене число фіксованих значень і в будь-якому разі не більше 3 мм.

Висновки:

1 Відносно простими засобами розроблена конструкція виготовлений експериментальний зразок станка, що дозволяє оперативно виготовити друковану плату.

2 Досягнена точність позиціонування 0,02 мм за трьома осями

3 Реалізована можливість програмного узгодження з проектними програмами, зокрема «Протеус».

*Є.В. Яковенко, студентка, І.Г. Косцова, кандидат педагогічних наук  
Комунальний заклад  
«Криворізький фаховий медичний коледж» Дніпропетровської обласної ради»  
[lizayakovenko2007@gmail.com](mailto:lizayakovenko2007@gmail.com)*

## **РЕГУЛЮВАННЯ ВЗАЄМНОГО ВПЛИВУ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВОДОЙМ МЕТАЛУРГІЙНОГО РАЙОНУ М. КРИВОГО РОГУ ТА ОТОЧУЮЧОГО ЇХ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

**Мета наукової роботи:** на підґрунті історичних даних, літературних джерел, результатів фізико-хімічних і мікробіологічних досліджень запропонувати шляхи вирішення можливого поліпшення екологічного стану Верхнього, Середнього та Нижнього ставків Соцміста та оточуючого їх навколишнього середовища.

Ми поставили перед собою **задачі:** проаналізувати літературні джерела з природоохоронної діяльності стосовно водойм України і м. Кривого Рогу; вивчити питання щодо використання ставків Соцміста для відпочинку; зробити хімічний, мікробіологічний аналіз води Верхнього, Середнього та Нижнього ставків Соцміста; співставити відповідність результатів аналізу ГДК (гранично допустимим концентраціям) для використання водойм як зони відпочинку; охарактеризувати вплив хімічних речовин і мікробіологічних об'єктів, виявлених у воді, на організм людини; охарактеризувати вплив промислових підприємств та продуктів людської діяльності на екологічний стан водойм; запропонувати шляхи вирішення можливого поліпшення екологічного стану водойм та оточуючого їх навколишнього середовища.

**Об'єкт дослідження:** вода Верхнього, Середнього та Нижнього ставків району Соцміста міста Кривого Рогу.

**Предмет дослідження:** взаємний вплив екологічного стану Верхнього, Середнього та Нижнього ставків Соцміста та оточуючого їх навколишнього середовища.

Визначались показники: запах, смак, прозорість, колірність, каламутність, азот амонійний, активна реакція рН, лужність, загальна твердість, кількісний вміст хлоридів. Також проводилось мікробіологічне дослідження згідно методичних вказівок МОЗ України «Санітарно-мікробіологічний контроль якості питної води» М.В. 10.2.1 – 113.2005.

### **Висновки:**

1. Існує взаємний вплив екологічного стану водойм Металургійного району м. Кривого Рогу та оточуючого їх навколишнього середовища.
2. Береги Верхнього, Середнього та Нижнього ставків забруднені побутовим сміттям, не благоустроєні.
3. Поповнюються ставки за рахунок дощових, талих, дренажних та побутових стічних вод.
4. За результатами лабораторного аналізу води фізико-хімічні та санітарно-мікробіологічні показники значно перевищують норму.

## ЗМІСТ

### АКУСТИЧНІ ХВИЛІ, ШУМОВІ ЕФЕКТИ ТА ВІБРАЦІЯ

- Є.О. Загrevский, аспірант, Г.І. Сокол, д.т.н., професор*  
Розповсюдження акустичних хвиль у рупорі з урахуванням нелінійності процесу ..... 8
- Д. В. Максимова, студентка, Г. І. Сокол, д.т.н., проф., В.С. Дудніков, к.т.н., доцент*  
Вимірювання шумів під час роботи оператора на 3Д принтері ..... 9
- Д. В. Михальов, студент; Г. І. Сокол, д.т.н., професор*  
Розрахунок характеристик акустичного поля гвинта вітроустановки для виявлення безпечної відстані від джерела акустичного випромінювання ..... 10
- Т.С. Молнар, аспірант, Г.І. Сокол, д.т.н., професор*  
Використання рівняння динаміки коливальних систем для опису механічних характеристик тіл вірусу ..... 11
- Д.О. Снобко, магістр, Г.І. Сокол, д.т.н., професор*  
Розрахунок механічних характеристик тіл космонавтів методом електромеханічних аналогій ..... 12
- В.С. Федоріна, студентка; Г. І. Сокол, д.т.н., професор*  
Інфразвук у природі ..... 13

### ГРАВІТАЦІЯ І ФУНДАМЕНТАЛЬНА ФІЗИКА

- V.N. Gorev, Ph.D<sup>1</sup>; A.I. Sokolovsky, D. Sci., Professor<sup>2</sup>; M.O. Zhuravlyov<sup>1</sup>*  
On the integral brackets in a one-component system ..... 15
- О.О. Верес, студент, С.Ф. Лягушин, к.ф.-м.н., доцент*  
Надвипромінювання в термінах теорії фазових переходів ..... 17
- К.М. Гапоненко, аспірант, О.Й. Соколовський, д.ф.-м.н., професор*  
Узагальнення формули Больцмана в теорії рівноважних флуктуацій ..... 18

**М.С. Дмитрів, аспірант, В.В. Скалозуб, д.ф.-м.н., професор**  
Observable effects of heavy decoupled scalar bosons within the generalized Yukawa's model..... 20

**В.Ю. Глик, студентка, М.І. Карбованець, к. ф.-м. н., доцент, завідувач кафедри теоретичної фізики, М.Я. Євич, старший викладач**  
Роль електронних кореляцій у динаміці двоелектронного захоплення при повільних зіткненнях  $\text{He} + \text{Ar}^{6+}$  ..... 21

**А.А. Кочемба, аспірантка, В.Ю. Лазур, д.ф.-м.н., професор, С.В. Гедеон, к.ф.-м.н., н.с.**  
Внесок каскадних переходів в перерізі збудження енергетичних рівнів атома Са електронним ударом ..... 23

**П.Є. Мінаєв, аспірант**  
Parametric space on h2HDM and electroweak phase transitions..... 25

**А.Б. Панчук, студентка, О.Й. Соколовський, д.ф.-м.н., професор**  
Єдине формулювання методу скороченого опису нерівноважних процесів для класичного і квантового випадків ..... 26

**Є.В. Резніков, провідний інженер**  
Нерівноважне поширення тепла у важкій гарячій плазмі ..... 28

**М.В. Товт, аспірант, В.Ю. Лазур, д.фіз.-мат.н., професор, Є.А. Нодь, к.фіз.-мат.н., доцент**  
Розрахунки структури атома титану в MCHF-наближенні ..... 29

## **ДВИГУНИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ. ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ**

**А.В. Автусевич, студентка, С.А. Пальков, к.т.н.**  
Термоміцнісний чисельний аналіз камери згоряння РРД ..... 32

**О.С. Аксьонов, аспірант О.Є. Золотько, к.т.н., доцент**  
Особливості визначення величини питомого теплового потоку у камері детонаційного двигуна ..... 34

**М.О. Бондаренко, аспірант, В.О. Габрінець, професор**  
Керування вектором тяги твердопаливного двигуна оперативного-тактичних ракет..... 36

<b>С.А. Борісенко, аспірант, А.Ф. Санін, д.т.н., професор, В.В. Муратов, PhD</b> Розрахунково-експериментальна оцінка питомого імпульсу тяги.....	38
<b>М.І. Васін, аспірант, Ю. О. Мітіков, д.т.н., доцент<sup>2</sup></b> Експериментальне дослідження параметрів надхолодної системи наддування бака пального рушійної установки .....	39
<b>С.Ш. Векілов, аспірант, В.І. Ліповський, к.ф.-м.н., доцент<sup>1</sup>, Марчан Р. А., к.т.н., Логвиненко А. О., інженер-конструктор, Пустовий Р. О., інженер-конструктор</b> Експериментальна оцінка методик розрахунку відцентрових розпилюючих пристроїв, виготовлених за допомогою методів адитивних технологій.....	41
<b>М.С.Дробишев, студент; С.Г.Бондаренко, к.т.н., доцент</b> Використання акумуляторних батарей в агресивних умовах космічного простору і небесних тіл.....	44
<b>М.С. Єгоров, аспірант; С.Г. Бондаренко, к.т.н., доцент</b> Модельовання твердопаливних ракетних двигунів для дослідження внутрішніх балістичних характеристик.....	46
<b>В.В. Слюсарєв, аспірант, В.Л. Бучарський, к.т.н., доцент</b> Методика отримання аналітичних залежностей для розрахунку теплопередачі в теплообмінниках та камерах РРД.....	48
<b>М.А. Солтановський, аспірант, Г.М. Колоскова, к.т.н., доцент</b> Програмний розрахунок проточного охолодження камери рідинного ракетного двигуна .....	49
<b>Є. В. Спірін, начальник групи, В. М. Надтока, к.т.н., начальник відділу</b> Електрореактивний двигун малої тяги з використанням електродугового розряду. ....	50
<b>В. В. Столярчук, аспірант, інженер-випробувач, О. Є. Золотько, к.т.н., доцент</b> Методи підвищення ефективності прямогочного повітряно-реактивного детонаційного двигуна.....	52
<b>М.В. Таран, В.Г. Мороз</b> Використання ефекту ерозійного горіння для досягнення необхідного рівня витрати-тягових характеристик.....	54



## **ДИНАМІКА, БАЛІСТИКА ТА УПРАВЛІННЯ РУХОМ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

***А.О. Абатуров, аспірант, Пророка В.А, аспірант***

Оцінка можливості використання суборбітальних ракет для виведення систем відведення космічних об'єктів з низьких навколосезмних орбіт ..... 57

***О.Р. Акіншев, студент, Т.В. Лабуткіна, к.т.н., доцент***

Сеанси комбінованих спостереження орбітальних об'єктів за схемою «спостереження спостерігача», метод їх планування..... 58

***А.Є. Александров, аспірант, В.В. Авдєєв, д.т.н., професор***

Визначення параметрів моделі системи стабілізації шляхом використання даних вимірювальних пристроїв ..... 60

***Р.В. Ананко, аспірант, Т.В. Лабуткіна, к.т.н., доцент***

Балістичні аспекти реалізації спостережень орбітальних об'єктів складовими засобами орбітального базування за схемою «один об'єкт – к засобів» ..... 62

***О.В. Борцова, аспірант, інженер-програміст 2 кат, П.Г. Хорольський, к.т.н., провідний науковий співробітник***

Алгоритмічна компенсація випадкового дрейфу нуля датчиків кутової швидкості системи навігації під час польоту ракети..... 64

***А.В. Димченко, аспірант, Д.С. Астахов, ст. викладач***

Оптико-гіроскопічний модуль просторової стабілізації літального апарату ..... 65

***О.Д. Легенков, аспірант, Т.В. Лабуткіна, к.т.н., доцент***

Програмне тимчасове «виключення» вузлів зі складу супутникової мережі: балістичний аспект впливу на шляхи передачі даних ..... 66

***М.О. Перепелиця, аспірант, Т.В. Лабуткіна, к.т.н., доцент***

Балістичний аспект керування лініями зв'язку між автономним кластером космічних апаратів і багатосупутниковою системою ..... 68

***І.В. Савчук, аспірант, С.В. Алексєєнко, д.т.н., професор***

Алгоритм навігації безпілотних літальних апаратів за картою місцевості ..... 70

***Г.В. Фарафонов, аспірант, О.В. Голубек, д.т.н., професор***

Планування маневрів стабілізації висоти польоту радіолокаційного супутника з використанням електрореактивної двигунної установки ..... 72

*В.О. Хащина, аспірант, А.М. Кулабухов, к.т.н., доцент*

Використання легких ракет-носів для виводу супутників на низькі орбіти..... 73

## **ОСВОЄННЯ МІСЯЦЯ ТА ПЛАНЕТ**

*А.Ананасенко, студентка, В.В.Воробйов, канд. арх., доцент, О.С.Шило, ст.викл.*

Обваловане поселення на Місяці з обліком внутрішніх і зовнішніх ефектів  
поляризації його простору..... 75

*А.Ананасенко, студентка, В.В.Воробйов, канд. арх., доцент, О.С.Шило, ст.викл.*

Формування обвалованих місячних поселень на основі астропланетарних  
проекцій..... 76

*М.Д. Гончарова, студентка, С.В. Шатов, д.т.н., професор, Є.А. Коваленко,  
студентка*

Виготовлення будівельних виробів на Місяці. .... 77

*І.О. Гусарова, д.т.н., провідний науковий співробітник, Г.Г. Осіновий, доктор  
філософії, начальник відділу, О.Д. Деркач, к.т.н., завідувач кафедри*

Видобуток води на Місяці без зміни фази льоду..... 78

*В.Д. Данилюк, інженер 1 категорії, І.Є. Козіс, учень, І.Г. Осіновий, учень*

Оцінка можливості створення замкнутої екосистеми місячної бази ..... 80

*В.В. Дунда, аспірант, К.О. Сіренко, аспірант, Т.П. Ярова, доцент*

Вплив умов місяця на конструктивні рішення житлових модулів місячної бази .. 82

*О.І. Леуська, студентка, С.Г. Головка, к.і.н., доцент*

Освоєння Місяця: перспективи та реальність..... 84

*А. А. Пустовгаров, начальник групи, Г. Г. Осіновий, начальник відділу, доктор  
філософії*

Концепція шлюзового модуля місячної бази..... 86

*К.О. Сіренко, аспірант, А.М. Сопільняк, к.т.н., доцент, А.А. Титюк, к.т.н.*

Розрахунок купольної конструкції житлового модуля на Місяці ..... 88

*С.В. Сухар, студент, С.В. Шатов, д.т.н., професор*

Планетоходи для технологічного обладнання ..... 89

## ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ. СИСТЕМИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

- Bohdan Kosarevskyi, student, Dmytro Uzun, Associate professor*  
DevOps methods of helping to protect intellectual property ..... 91
- К.І. Антіпов, студент, І. Д. Колосов, студент, Ю.І. Лазарева, викладач*  
Програмний комплекс розпізнавання та боротьби з фейками у мережі ..... 92
- О.М. Ізмалков, аспірант, О.М Петренко, д.т.н професор*  
Використання інформаційно-вимірювальних технологій задля обрання медичної професії за психофізичним аналізом ..... 94
- О.М. Ізмалков, аспірант, О.М Петренко, д.т.н професор*  
Класифікація медичних напрямків за психологічними та фізичними особливостями задля вирішення доцільності вибору обраної медичної професії ..... 97
- П.Г. Кисельов, аспірант, С.В. Клименко, к.т.н., доцент*  
Вдосконалення ультразвукового методу контролю зварних з'єднань виробів з порошкових матеріалів виконаних 3d-друком ..... 99
- В.В. Ковальов, студент, Н.О. Лисенко, к.т.н., доцент*  
Дослідження інформативності критеріїв статистичної однорідності експериментальних вибірок випадкових величин ..... 101
- В.А. Левченко, студент, Д.С. Астахов, ст. викладач*  
Інформативність статистичних критеріїв виявлення стрибків випадкових величин з невідомим законом розподілу ймовірності ..... 102
- О.Д. Легенков, аспірант, Т.В. Лабуткіна, к.т.н., доцент*  
Модельовання процесів у супутниковій мережі зв'язку при тимчасовому періодичному плановому виведенні груп вузлів з її складу ..... 103
- Р.І. Литвиненко, аспірант, С.В. Клименко, к.т.н., доцент*  
Програмні статистичні методи обробки даних в задачах психометричного контролю стану особистості ..... 105
- М.І. Лобанов, студент, О.Д. Клименко, магістр, С.В. Клименко, к.т.н., доцент*  
Застосування штучного інтелекту для виявлення емоційних маніпуляцій, дезинформації та пропаганди в мережі інтернет ..... 107

***О.В. Любімов, студент***

Використання мікро-сервісної архітектури при побудові ПЗ КубСат (CubeSat) для швидкої розподіленої розробки та відпрацювання ПЗ ..... 109

***А.А. Мухін, аспірант; С.В. Клименко, к.т.н., доцент***

Дослідження системи автоматизованого нагляду за станом здоров'я водія під час руху ..... 110

***Г.К. Нізяєв, студент, Н.О. Лисенко, к.т.н., доцент***

Порівняльна оцінка ефективності критеріїв перевірки однорідності вибірок вимірювань випадкових величин ..... 112

***І.В. Синюков, аспірант, В.П. Малайчук, д.т.н., професор***

Загальні положення про комп'ютерно-інтегровані технології обробки цифрових зображень ..... 113

***І.В. Синюков, аспірант, В.П. Малайчук, д.т.н., професор***

Комп'ютерно-інтегровані технології обробки цифрових зображень в задачах неруйнівного контролю технічних об'єктів ..... 115

***А.А. Слаква, студент, Н.О. Лисенко, кандидат технічних наук, доцент***

Інформаційна технологія оцінки ефективності класичного та модифікованого критеріїв Ван-дер-Вардена ..... 117

***В.П. Трофименко, студент, С.В. Клименко, к.т.н., доцент***

Системи відеоспостереження на базі польотного квадрокоптера ..... 118

***Г.П.Химич, В.Л.Дунець, к.т.н., доцент, К.Г.Корнєєв, аспірант, І.В.Пиць***

Телекомунікаційна мережа обміну даних телеметрії між надшвидкісним літаючим об'єктом (ракетною) та наземною станцією ..... 119

## **ВИПРОБУВАННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ТА ЇХ СИСТЕМ. МЕТОДИ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ**

***В.С. Бейцун, аспірант, інженер, С.В. Тарасов, к.т.н., с.н.с.***

Методи фото- та відеограмметрії при дослідженні динаміки просторово розвинених космічних систем ..... 121

***О.М. Мінай, начальник сектору***

Вплив на капілярну утримну здатність сітчастих роздільників фаз їх тривалого перебування у компонентах ракетного палива ..... 122

*О.М. Мінай, начальник сектору, А. І. Логвиненко, к.т.н. головний науковий співробітник*

Чисельне моделювання ударної взаємодії кулі з багатошаровою броньованою перешкодою ..... 124

## **КОСМІЧНІ АПАРАТИ: РОЗРОБКА ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ**

*О.І. Дзвониський, студент, С.В. Губін, к.т.н., професор*

Схемо-технічне моделювання фотоелектричних батарей малих космічних апаратів..... 127

*О.О. Літвінов, студент, С.А. Пальков кандидат технічних наук*

Особливості проблем відновлення програм Space Shuttle/Энергия-Буран..... 128

*О.В. Любімов, студент, М.О. Любімов, студент*

Використання відкритих COTS/MOTS програмно-апаратних платформ для побудови наносупутників КубСат (CubeSat) ..... 129

*Д. І. Федченко, студент, С. В. Губін, к.т.н., професор*

Підвищення енерговіддачі фотоелектричних батарей космічних апаратів з використанням фоклінових концентраторів ..... 130

## **ЕКОЛОГІЯ КОСМОСУ. КОСМІЧНА БІОМЕДИЦИНА І ПСИХОЛОГІЯ**

*Данкевич В.Є. д.е. н., професор, декан факультету права, публічного управління та національної безпеки*

Використання космічних технологій в аграрному секторі економіки ..... 132

*А.А. Сікорський, студент, О.В. Золотко, к.т.н., доцент*

Екологічні аспекти використання супутників подвійного призначення ..... 133

## **МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА ЧИСЕЛЬНІ ЕКСПЕРИМЕНТИ**

*V.V.Chori, postgraduate student, V.D.Pavlenko, Dr. Sci. Tech., Professor,*

*T.V.Shamanina, PhD Eng, Senior teacher*

Estimation Psychophysiological State via Integral Nonlinear Model of the Oculo-Motor System ..... 135

<b><i>V.I. Shynkaruk, ph.d. candidate, V.I. Lipovskyi, ph.d. in ph. and math., ass. professor</i></b> Engineering approach to the design of tank structures in transition zones of geometry change.....	136
<b><i>V.K. Zaitsev, postgraduate student, V.O. Sereda, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, N.A. Skora, Senior Lecturer</i></b> Analysis of methods for displaying the topology of the objects under study in solving problems of gas dynamics.....	138
<b><i>Александренко В.Г., магiстр, Бучарський В.Л., к.т.н., доцент</i></b> Дослідження роботи системи опалення будинку на базі сонячного колектору та електричного котла. ....	139
<b><i>М.О. Блажко, студент</i></b> Застосування нейронних мереж до класифікації зображень .....	140
<b><i>О.Е Бондаренко, аспірант, Ю. В Ткачов, к.т.н., доцент</i></b> Рациональність використання матеріалу в силових конструкціях ракетної техніки .....	141
<b><i>В.Л. Вілков, студент, П.А. Дзюба, к.т.н., доцент</i></b> Дослідження можливостей бібліотеки OpenCV для задач розпізнавання образів	143
<b><i>І. Д. Дубровський, аспірант, В. Л. Бучарський, к.т.н., доцент</i></b> Використання методу розширених об'ємів для чисельного моделювання надзвукової течії газу в областях з різною геометрією .....	144
<b><i>О.М. Іванов, начальник групи</i></b> Математичне моделювання роботи газового демпфера повздовжніх коливань під час польоту ракети .....	146
<b><i>С.М. Каруна, студент, Л.І. Книш, д.т.н., професор</i></b> Комп'ютерне моделювання полів температур в сонячній термодинамічній системі .....	147
<b><i>М.О. Позднишев, к.т.н., начальник відділу, О.М. Мінай, начальник сектора, І.Ю. Кузьміч, інженер-конструктор 1 кат., С.О. Давидов, д.т.н., професор</i></b> Математичне моделювання процесу переміщення поверхні розділу фаз рідина- газ всередині чарунки деформованої металевої сітки .....	148
<b><i>В. В. Полуструєв, студент; В.Г. Зайцев, фіз.–м. н., доцент</i></b> Моделювання системи біологічної очистки стічних вод в космічних кораблях	150

**І.О. Поцелуйко, студент, О. М. Пономарьов, к.т.н., доцент**  
Моделювання хімічних процесів в камері згорання ракетного двигуна ..... 152

**А.С. Смирнов, аспірант**  
Дослідження точності вирішення навігаційної задачі ракетою-носієм надлегкого класу із використанням безплатформної інерціальної навігаційної системи ..... 153

**М.В. Станілевич, студент, Л.І. Книш, д.т.н., професор**  
Комп'ютерне моделювання температурного режиму вакуумного сонячного колектору ..... 154

**О.І. Трухіна, студентка, Т.В. Лабуткіна, к.т.н., доцент**  
Імітаційна модель навантаження супутникової мережі на колових і еліптичних орбітах ..... 155

## НЕТРАДИЦІЙНІ ІДЕЇ ТА ПРОЕКТИ

**О.Р. Акішиєв, студент, Т.В. Лабуткіна, к.т.н., доцент**  
«Ланцюжкові» спостереження орбітальних об'єктів: інноваційний підхід до реалізації сеансів комбінованих спостережень ..... 158

**Р.В. Ананко, аспірант, Т.В. Лабуткіна, к.т.н., доцент**  
Глобальне рішення задачі спостереження множини орбітальних об'єктів: «горизонтальні» і «вертикальні» спостереження навколоземного простору .... 160

**Б.С. Ахтирський, студент, І.І. Карпович, к.т.н., доцент**  
Використання обтічника для зменшення швидкості та керування 2-ї ступені при вході в атмосферу та при посадці ..... 162

**О.С. Жуган**  
Уніфікований баражуючий боєприпас для ураження наземних та повітряних цілей ..... 163

**Є.В. Кудасв, студент, В.Ю. Шевцов, к.т.н., доцент**  
“Кораблі-астероїди” як спосіб протирадіаційного захисту при перельотах до інших планет ..... 165

**М.О. Манойло, студент, К.Г. Сєдачова, викладач**  
Використання безпілотних літальних апаратів мікро класу для знищення наземних цілей ..... 167

<b>І.Я. Михайлюк, студент, В.Ю. Шевцов, к.т.н., доцент</b> Модульна компоновка ракет-носіїв надлегкого класу .....	168
<b>І.Г. Олішевський, асистент, Г.С. Олішевський, к.т.н., доцент</b> Обґрунтування можливості функціонування гідроелектростанції в теплофікаційному режимі.....	170
<b>М.О. Перепелиця, аспірант, Т.В. Лабуткіна, к.т.н., доцент</b> Кластери космічних апаратів як постачальники послуг орбітального сервісу супутниковій мережі зв'язку: «опції» відновлення і тимчасової «латки».....	171
<b>Є.С. Петелько, аспірант, В.І. Ліповський, к.ф.-м.н., доцент</b> Моніторинг стану в корпусах космічних апаратів за допомогою п'єзоелектриків .....	173
<b>Р.С. Попов, аспірант, В.Ю. Шевцов, к.т.н., доцент</b> Конструкторсько-технологічне забезпечення функціональності конструкцій аерокосмічної техніки в процесі експлуатації .....	175
<b>М.О. Семененко, студент, В.Ю. Шевцов, к.т.н., доцент</b> Станції технічного обслуговування космічної техніки .....	177
<b>А.В. Сидорук, аспірант, С.О. Давидов, д. т. н., професор;</b> Метод розміщення внутрішньобакової арматури у безлейнерному композиційному паливному баку.....	178
<b>О.І. Трухіна, студентка, Т.В. Лабуткіна, к.т.н., доцент</b> Застосування угруповань на еліптичних орбітах в супутникових системах: потрійний ефект побудови, «додаткове псевдо колове угруповання».....	180

## **ВИРОБНИЦТВО ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ: НОВІ РІШЕННЯ І ТЕХНОЛОГІЇ**

<b>І.Д. Адамідес, студент, М.С. Хорольський, к.т.н., доцент</b> Щодо зменшення напружено–деформованого стану каркаса гумометалевого амортизатора при його виготовленні.....	183
<b>Н.Д. Бережецький, студент, Н.Л. Провірініна, викладач</b> Забезпечення технологічності конструкцій деталей планетарних механізмів..	185



<b><i>І.В. Білоцерковський, аспірант, В.В. Хуторний, к.т.н., доцент;</i></b> Аналіз ефективності використання адитивних технологій при виготовленні деталей турбін ТНА РРД.....	186
<b><i>Л.А. Божко, студент, Н.Л. Просвіріна, викладач</i></b> Обробка різанням заготовок з інструментальних сталей.....	187
<b><i>Д.С. Герасимов, студент, О.В. Бондаренко, к.т.н., доцент</i></b> Виготовлення приєднувальних деталей сильфонних компенсаторів з алюмінієвих сплавів .....	188
<b><i>С.І. Гурін, студент, В.В.Левенець д.ф.м.н., нач.від., І.В.Гурін, к.т.н., зав.від., О.М. Потапов ктн, нач. компл.</i></b> Систематичні дослідження преформ вуглецевих композиційних матеріалів комп'ютерною томографією в ННЦ ХФТІ.....	190
<b><i>О.О. Добродомов, аспірант, О.В. Кулик, к.т.н., доцент</i></b> Перспективи використання неохолоджуваних неметалевих камер згоряння рідиннопаливних ракетних двигунів .....	191
<b><i>М.М. Єрьоменко, студент, І.К. Куц, викладач</i></b> Виготовлення деталей типу «вал-шестерня» в умовах серійного виробництва .....	192
<b><i>Жарський М.М, студент, Вамболь О.О, к.т.н., доцент</i></b> Розробка форми оправки, яка забезпечує рівномірний тиск при формуванні ..	193
<b><i>О.Д. Косило, учень, О.І. Косило, керівник зуртка-методист, П.Ф. Пшенічка, учитель фізики та астрономії вищої кваліфікаційної категорії</i></b> Розробка та виготовлення візуально та технічно модифікованого бпла .....	194
<b><i>Лазарєва О.О., ст. викладач, Сахнюк Н.В., к.т.н., доцент</i></b> Контроль складнопрофільних поверхонь деталей ГТД .....	196
<b><i>Ю.С. Мигович, студент, І.І. Карпович, к.т.н., доцент</i></b> Рціональні конструкторсько-технічні рішення у технології виготовлення полімерних композитних матеріалів.....	197
<b><i>А.А. Назаренко, студент, Г.В. Прокуда, заступник директора</i></b> Особливості виготовлення деталей типу «вал» для високонавантажених машин .....	198

<b>Е.А. Насібов, студент, О.В. Калалб, викладач</b> Високопродуктивні способи виготовлення деталей типу «вал» .....	199
<b>О.О.Рибак, магістр, В.С. Коротков, к.т.н., доцент</b> Особливості проектування і виготовлення деталей складної форми.....	201
<b>О.О.Рибак, магістр, В.С. Коротков, к.т.н., доцент</b> Підвищення точності металообробки на верстатах з ЧПК шляхом компенсації пружних деформацій.....	202
<b>М.В. Селютін, студент, С.І. Черніков, директор</b> Особливості виготовлення деталей типу «стакан» за умов різних типів виробництва .....	203
<b>М.К. Сіренко, аспірант, О.В. Карнович, к.т.н., доцент</b> Розробка способу пошарового армування волокном деталей РКЛА при FFF 3d-друці .....	205
<b>Д.О. Тищенко, студент, О.В. Бондаренко, к.т.н., доцент</b> Виготовлення кріпильних деталей з титанових сплавів для складання трубопровідних магістралей ракет-носіїв .....	206
<b>С.О. Уланов, д-р філософії, О.Я. Качан, д.т.н., професор</b> Підвищення довговічності зварних барабанів роторів компресорів ГТД .....	207
<b>Д.В. Ципляк, студент, Д.О. Бетін, к.т.н., доцент</b> Шляхи зменшення радіопомітності комплексу «літальний апарат – озброєння»	208
<b>Ю.А. Шашко, аспірант, О.В. Кулик, к.т.н. доцент, С.В. Казєєв, Р.Ф Максимчук, Аджамський С.В.</b> Модельовання процесу обробки абразивно-повітряним струменем робочих поверхонь лопаток моноколіс закритого типу отриманих адитивним методом.	209
<b>А.С. Швець, студент; В.В. Хуторний, к.т.н., доц., В.А. Сонцев, провідний співробітник</b> Спорядження твердопаливних двигунів методом протягування каналотворюючого стержня .....	210
<b>М.О. Шека, студент, Ю.Е. Стрежекуров, викладач спец дисциплін</b> Організація моніторингу повітряного простору навколо стартових позицій космічних ракет .....	212

## РАДІОЕЛЕКТРОННА АПАРАТУРА РАКЕТНО-КОСМІЧНИХ СИСТЕМ

**Н.І. Федоряцька, аспірантка, В.П. Малайчук, д.т.н., професор**

Дослідження статистичних параметрів експериментальних вимірювань за критеріями Фроціні, Андерсона-Дарлінга..... 215

## СПЕЦІАЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО, НОВІ МАТЕРІАЛИ І СТРУКТУРИ

**А.Ю. Борисенко, д.т.н., В.Н. Надтока, к.т.н, М.В. Красв, к.т.н. І.О. Гусарова, д.т.н.**

Роль краплинної фази в утворенні структури Ni-Cr покриттів при вакуумно-дуговому осадженні ..... 217

**С.В. Кирилаха, аспірант, О.Є. Капустян, к.т.н., доцент**

Адитивні технології при ремонті деталей ГТД..... 218

**К.В.Козіс, к.т.н., старший науковий співробітник, Т.А. Манько, д.т.н., професор, професор, М.Н. Мейїбеков, докторант PhD**

Дослідження впливу каучуків на фізико-механічні властивості вуглепластику ..... 219

**Ю.І. Кривих, старший викладач, Є.О.Овдієнко, аспірант**

Перспективи застосування керамічних матеріалів в авіаційній техніці ..... 221

**А. О. Кріпак, аспірантка, В. Г. Міщенко, д.т.н., професор**

Утворення спеціальних карбідів в жароміцній сталі на залізохромонікелевій основі..... 222

**О.В. Літот, аспірант, Т.А. Манько, д.т.н., професор**

Дослідження впливу шорсткості поверхні вуглепластиків на герметичність рознімних з'єднань в РКТ..... 223

**І.Г. Лук'яненко, студент. Т.А. Манько, д.т.н., професор**

Виготовлення стенду для відпрацювання систем керування суборбітальних ракет надлегкого класу ..... 224

**У.В. Підковинська, аспірантка, В.А. Савченко, к.т.н., доцент**

Вплив діоксиду кремнію на механічні властивості полімерної матриці ..... 225

**К.Г. Сєдачова, аспірант, Т.А. Манько, д.т.н., професор**

Застосування склопластиків у виробках ракетно-космічної техніки..... 226

*Д.М. Тонконог, аспірант, В.Г. Міщенко, д.т.н., професор*

Особливості хіміко-термічного оброблення вториннотвердіючої цементованої сталі 09ХЗНМЗФБч ..... 227

## **ТРАНСПОРТНО-КОСМІЧНІ СИСТЕМИ: ПРОЕКТУВАННЯ, КОНСТРУЮВАННЯ ТА НАДІЙНІСТЬ**

*Є.С. Болюбаш, аспірант, начальник групи*

Зменшення зони можливого падіння аварійних РН за рахунок використання систем розділення ракетно-космічних елементів оснащених піротехнічними пристроями..... 229

*М. Д. Тубольцев, студент, А. В. Шапов, викладач*

Проект літака типу літаюче крило з вертикальним злітом ..... 230

*В.О. Хомяк, провідний інженер, А. І. Логвиненко, к.т.н. головний науковий співробітник*

Головні напрямки перспективного розвитку систем наддування паливних баків РН..... 231

## **ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ В РАКЕТНІЙ ТЕХНІЦІ**

*Т.О. Бут, аспірант, В.Ф. Варгалюк, д.хім.н, професор, Борщевич Л.В., к.х.н, доцент*

Вплив органічних кислот на процес електроосадження кобальта ..... 234

*Ю. Д. Курасова, аспірантка, В.А. Полонський, к.х.н., доцент,*

*В.Ф. Варгалюк, д.х.н., професор*

Особливості електронної будови хлоридних ацидоаквакомплексів  $\text{Cu}^{2+}$  з деякими органічними кислотами ..... 235

*І. М. Кучай, аспірант, В. Ф. Варгалюк, д.х.н., професор, К.А. Плясовська, к.х.н., доцент*

Електрохімічний синтез композитних плівок на основі манган (IV) діоксиду. 236

*І. М. Кучай, аспірант, Л. О. Омелянчик, д.фарм.н., професор*

Базові теоретичні моделі оцінки ліпофільності похідних адамантану ..... 237

<b>Н.В. Стець, к.х.н, доц. О.В. Лагута, аспірант, В.Ф. Варгалюк, д.х.н, професор, В.А. Полонський, к.х.н, доцент</b>	
Синтез та властивості мідьвмісних композитів на основі малеїнатних комплексів купруму (I) .....	239
<b>О.О. Літвінов, студент, О.В. Грищенко, старший викладач</b>	
Порівняння паливних пар по питомому об'ємному імпульсу .....	240
<b>Є.А. Поливанов, аспірант, С.І. Оковитий, д.х.н., професор, Н.В. Кондратюк, к.т.н., доцент</b>	
Біополімерні композити на основі уронатних полісахаридів для лікування ран астронавтів в умовах польотів .....	241
<b>К. Р. Шевцова, аспірантка, К. Є. Варлан, к.х.н., доцент, А. А. Мовчан, студентка</b>	
Полімерні композиції із спеціальними властивостями на основі співполімерів малеїнового ангідриду .....	242

## **ДИСТАНЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ ЗЕМЛІ**

<b>А.В. Блоха, студент, Д.К. Мозговий, к.т.н., доцент</b>	
Методологія обробки багатоспектральних даних ДЗЗ .....	244
<b>А.В. Блоха, студент, Д.К. Мозговий, к.т.н., доцент</b>	
Тематична обробка радіолокаційних даних С-діапазону .....	245
<b>А.Ю. Зверєв, студент, Д.К. Мозговий, к.т.н., доцент</b>	
Порівняння методів компресії багатоспектральних даних ДЗЗ .....	246
<b>А.Ю. Зверєв, студент, Д.К. Мозговий, к.т.н., доцент</b>	
Синтез двополяризаційних VV/HV композитів С-діапазону .....	247
<b>В.О. Коротков, аспірант, Д.К. Мозговий, к.т.н., доцент</b>	
Автоматизована обробка даних дистанційного зондування ІЧ-діапазону .....	248
<b>В.О. Коротков, аспірант, Д.К. Мозговий, к.т.н., доцент</b>	
Виявлення антропогенної активності за даними VIIRS .....	249
<b>М. Ю. Соколов, студент, Д.К. Мозговий, к.т.н., доцент</b>	
Вибір типу модуляції для радіоліній системи ДЗЗ .....	250

<i>М. Ю. Соколов, студент, Д.К. Мозговий, к.т.н., доцент</i> Підвищення завадостійкості радіоліній системи ДЗЗ .....	251
<i>Д.А. Щогла, студент, Д.К. Мозговий, к.т.н., доцент</i> Дослідження радіоліній космічної системи ДЗЗ.....	252
<i>Д.А. Щогла, студент, Д.К. Мозговий, к.т.н., доцент</i> Моделювання радіопередавача супутника ДЗЗ .....	253

## **ЕКОНОМІКА ТА КОМЕРЦІАЛІЗАЦІЯ КОСМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ**

<i>Л.О. Величко, економіст 1 кат., Є.О. Єрмоленко, керівник відділу</i> Оцінка нового розпорядження Федеральної комісії зв'язку щодо космічної безпеки та орбітального сміття .....	255
<i>М.В. Діденко, економіст</i> Залучення інвестицій до космічної діяльності в Україні .....	257

## **НАНОТЕХНОЛОГІЇ ТА НАНОМАТЕРІАЛИ В РКТ**

<i>V. Baidala, assistant, D.B. Hlushkova, professor, doctor of technical sciences</i> Changes in the nanostructure of machine parts and their properties under the influence of laser processing .....	260
<i>V. Sayenko, student, D.B. Hlushkova, professor, doctor of technical sciences</i> Influence of the electrode material on the state of the welded nanolayer of turbine blades.....	261
<i>А.В. Греков, інженер, Н.Є. Калініна, д.т.н., професор, М.В. Баглай, PhD, інж.-констр. 2 кат.</i> Наномодифікування високолегованих жароміцних сплавів.....	262
<i>А.В. Давидюк, викладач спеціальних дисциплін</i> Модифікування алюмінієвих сплавів дисперсним порошком карбїду кремнію SiC.....	263
<i>Є.Ю. Завалін, студент, О.Ю.Левченко, студент, Н.Є. Калініна, д.т.н. професор, С.О. Полішко, доцент</i> Особливості властивостей наноматеріалів.....	264

<b>М.К. Кирна, студент, В.Є. Олішевська, к.т.н., доцент</b> Вплив нанопридадків на експлуатаційні та екологічні показники автомобільних палив .....	265
<b>К.В. Кузнецов, студент, А.В. Давидюк, викладач спеціальних дисциплін, С.І. Мамчур, к.т.н., доцент</b> Методи підвищення міцності ливарних алюмінієвих сплавів дисперсними частинками SiC .....	266
<b>О.О. Мітяєв, студент, А.А. Кузьменко, студент, О.А. Мітяєв, д.т.н., професор</b> Наномодифікування поршневих силумінів .....	267
<b>Я.В. Мороз, аспірант, Н.Є. Калініна, д.т.н., професор</b> Методи дослідження сплавів на основі кольорових металів, одержаних з використанням наноматеріалів .....	269
<b>М.Р. Нор, студент, Д.Ю. Дідик, студент, Т.В. Носова, к.т.н., доцент, С.І. Мамчур к.т.н., доцент</b> Наноелектричний ракетний двигун з використанням наночастинок палива .....	270
<b>Р.О. Панченко, студент, Л. В. Луцак студентка, С.І. Мамчур, к.т.н., доцент, Т.В. Носова, к.т.н., доцент</b> Структурні особливості наночастинок .....	271
<b>С.А. Рисенко, студент, Т.В.Носова, к.т.н., доцент, С.І. Мамчур к.т.н., доцент, С.О. Полішко, к.т.н., доцент</b> Використання наночастинок для покращення властивостей ріжучих інструментів .....	272
<b>Д. Смірнов, студент, С.І. Мамчур, к.т.н., доцент, Т.В. Носова, к.т.н., доцент</b> Принципи будови вуглецевих нанотрубок .....	273
<b>А. О Сокольський, студент, О.С. Петрашов, старший викладач</b> Наноматеріали у військовій техніці .....	274
<b>Д. М. Тонконог, аспірант, В. Г. Міщенко, д.т.н., професор, А. О. Кріпак, аспірант</b> Формування технологічних та експлуатаційних властивостей при легуванні високоміцного сплаву ВК-8 нанопорошком NbC .....	276

<b>Н.І. Цокур, аспірантка, О.В. Калінін, науковий співробітник</b>	
Вплив наномодифікування на структуроутворення та властивості алюмінієвих сплавів .....	277

<b>Н.І. Цокур, аспірантка, Н.Є. Калініна ,д.т.н. професор</b>	
Особливості мікролегування алюмінієвого сплаву скандієм модифікованого наноконпозиціями .....	278

## **ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ**

<b>С.О. Бізун, начальник сектора</b>	
Синтез конструкторсько-технологічних рішень створення вузлів стикування систем термостаткування космічних ракет-носіїв .....	280

<b>Д.М. Бондар, начальник сектора, М.В. Крась, к.т.н., заст. начальника відділу</b>	
Вакуумна система для нанесення покриттів на деталі ракетно-космічної техніки .....	281

<b>І.О. Мамчур, аспірант, А.Ф Санін. д.т.н. професор, С.І. Мамчур к.т.н доцент</b>	
Методика корозійних випробувань електродів із різнорідних матеріалів .....	282

<b>І.О. Мамчур, аспірант, А.Ф Санін. д.т.н. професор, С.І. Мамчур к.т.н доцент</b>	
Принципи вибору матеріалу проміжного прошарку для зварювання різнорідних матеріалів у твердій фазі.....	283

<b>Р.В. Подольський, С.В. Аджамський, PhD., Г.А. Кононенко д.т.н</b>	
Визначення впливу підтримок та їх кількості на тепловідведення від області down-skin при селективному лазерному плавленні .....	284

<b>Д.В. Савінкін, студент, І.І. Карпович, к.т.н., доцент</b>	
Вибір оптимального інструменту для обробки глибоких отворів у товстостінних деталях .....	285

## **МАТЕРІАЛИ ІІ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ «АВІАЦІЯ ТА КОСМОНАВТИКА»**

<b>А.О. Akhmerov, О.У. Akhmerov</b>	
My own way .....	288

<b>А.О. Ахмеров, студент, О.Ю. Тюрин, доктор фіз.-мат. наук, ст. наук. співр.</b>	
«Хмарні» технології в ІТ – переваги та проблеми .....	289



<b>Є.С. Бердник, студент; Р.В. Міненко, к.ф.-м.н., викладач, О.В. Щигрінцова, викладач-методист</b> Математично-аналітичне дослідження характеристик літальних апаратів за допомогою сучасних статистичних методів .....	290
<b>В.В. Бовда, студент, Л.Г. Дишук, викладач</b> Провокативне формування дугового розряду .....	291
<b>В.В. Ведьорін, здобувач освіти, А.М. Руда, викладач, С.В. Рудий, викладач</b> Інноваційні технології у безпілотній авіації .....	292
<b>С.В. Ведьоріна, здобувач освіти, М.М. Гутнієва, викладач вищої кваліфікаційної категорії</b> Практичні варіації роботи з додатками Google, які створюють віртуальну реальність при вивченні космосу: плюси та мінуси .....	293
<b>С.І. Владов, к.т.н., викладач вищої категорії, викладач-методист, А.О. Шаповал, курсант</b> Перспективи розробки адаптивних алгоритмів моніторингу авіаційних двигунів вертольотів у польотних режимах .....	294
<b>С.І. Владов, к.т.н., викладач вищої категорії, викладач-методист, А.О. Шаповал, курсант</b> Математична постановка параметричної адаптації закритої бортової системи автоматичного управління авіаційних двигунів вертольотів .....	295
<b>Н.С. Владова, фахівець</b> Аналіз підходів до оцінювання рівня безпеки польоту вертольотів .....	296
<b>О.О. Гажєв, здобувач освіти, О.Г. Світгарєєва, к. філос. н., викладач</b> Гордість України Ан-225 «Мрія» в умовах воєнного стану та післявоєнний період.....	297
<b>І.А. Гладий викладач, спеціаліст вищої категорії</b> Концепція Bring Your Own Device (BYOD) в освіті.....	298
<b>І.А. Головченко, здобувач освіти, А.В. Рєзнік, викладач</b> Вирішення проблеми шуму від роботи гвинтів турбогвинтових двигунів .....	299
<b>С.О.Гринченко, викладач, Т.О. Гринченко, викладач,</b> Використання відновлювальних джерел у системах опалення. Досвід європейських країн.....	300

<b>М.М. Гутисва, вчитель вищої кваліфікаційної категорії, викладач</b> Розширення практики візуалізації навчального матеріалу за допомогою додатків та утиліт віртуальної реальності Google на прикладі вивчення наук про землю та космосу.....	301
<b>Г.В. Даниліна, к.т.н., доц, заст. директ. з навч.-метод. роб., М.О. Рашевський, к. ф.-м. н., викладач</b> Про задачу оптимальної швидкодії для системи автоматичного керування.....	302
<b>Л.В. Єрбоменко, здобувач вищої освіти ступеня, бакалавр, Н.В. Смирнова, кандидат економічних наук, викладач-методист</b> Імплементація норм кадрового управління: основа стимулювання праці.....	303
<b>А.Ю. Заплішина, здобувачка освіти, О.Ф. Коваленко, викладач</b> Історія становлення міжнародного аеропорту «Львів».....	304
<b>В.В. Зорін, здобувач освіти, О.С. Гринченко, викладач</b> Samba сервер на Linux для адміністрування підприємства .....	305
<b>А.Ю. Іванов, викладач-методист</b> Історичні свідчення щодо прагнення людей опанувати повітряний та космічний простір протягом усіх історичних епох .....	306
<b>Д.А. Іванов, студент, І.В. Гордієнко, викладач</b> Дослідження зустрічних хвиль в симетричній відкритій лінії .....	307
<b>М.О. Іванова, здобувач освіти, Л.В. Висоцька, к.пед.н., викладач</b> Екологічна безпека і цивільна авіація: огляд нормативно-правової бази.....	308
<b>А.В. Капелюшина, здобувачка освіти, О.Г. Світгарєєва, к. філос. н., викладач,</b> Філософія для ефективного забезпечення польоту .....	309
<b>О.Ф. Коваленко, викладач</b> Історія становлення та розвитку навчальної авіаційної технічної бази ВСП «КРФК НАУ».....	310
<b>А.О. Кольчак, здобувач освіти, М.О. Рашевський, к. ф.-м. н., викладач</b> Метод траєкторій в комбінаториці.....	311
<b>Є.І. Кофлик, студент, Т.О. Гринченко, викладач</b> Енергоефективність промислових підприємств в умовах війни .....	312

<b>Д.В. Кривенко, студент, К.В. Ліферова, викладач</b> Симетричний напівмостовий двотактний автогенератор .....	313
<b>С.Є. Лук'яненко, здобувач вищої освіти ступеня бакалавра, Н.В. Смирнова, кандидат економічних наук, викладач-методист, М.Г. Босняк, кандидат технічних наук, доцент, викладач</b> Південнокорейська модель менеджменту: особливості та переваги .....	314
<b>Д. І. Прокопенко, студент, С. В. Джулай, завідувач лабораторії</b> Хмарний сервер системи охорони .....	315
<b>А.В. Рубан, студент, С.В. Рудий, викладач, А.М. Руда, викладач</b> Перспективи використанні технологій штучного інтелекту для підвищення ефективності керування наземним трафіком .....	316
<b>І. М. Рябикін, А.Ю. Нікульников, Є.Ю. Набок, курсанти, В.О. Гришин, завідувач лабораторії.</b> Теорія повністю електрифікованого пасажирського літака цивільної авіації... 317	317
<b>О.А. Савченко, викладачка</b> Інноваційні технології в освітньому процесі .....	318
<b>С.О. Семеряга, здобувач освіти, М.О. Рашевський, к.ф.-м.н., викладач</b> Графи у задачах теорії ймовірностей.....	319
<b>М.Л. Симоненко, студент, І.А. Гладиш, викладач, спеціаліст вищої категорії</b> Технології AR, VR, MR (доповненої та віртуальної реальності) в освіті.....	320
<b>Д. В. Смазлюк, Є. В. Ізмайлова, студенти, С. Л. Цвіркун, кандидат технічних наук, викладач-методист</b> Система управління електроприводом радіотелескопа.....	321
<b>Н.В. Смирнова, кандидат економічних наук, викладач-методист, М.Г. Босняк, кандидат технічних наук, доцент, викладач</b> Адміністративні методи формування ефективної мотивації персоналу.....	322
<b>Н.В. Смирнова, кандидат економічних наук, викладач-методист</b> Людські потреби – базис прогресу цивілізації.....	323
<b>Н.В. Смирнова, кандидат економічних наук, викладач-методист</b> Суб'єктивні фактори формування перешкод міжособистісних комунікацій: сутність і методи подолання.....	324

<b>М.А. Смоляр, здобувач освіти, О.І. Лозін, викладач</b> Дослідження ефективності використання пасивних та активних ретрансляторів мобільного зв'язку.....	325
<b>Д.В. Тимофієв, студент, Т.Т. Ришиковець, викладач</b> Дослідження роботи ресивера з мікроконтролерним керуванням .....	326
<b>Т.І. Філатенко, голова циклової комісії хіміко-біологічних дисциплін</b> Формування інформаційної грамотності викладачів у форматі дистанційного навчання в освітньому середовищі закладу фахової передвищої освіти.....	327
<b>А.О. Царенко, викладач вищої категорії, викладач-методист</b> Аналіз конструктивної схеми кермового гвинта вертольоту Н-125 .....	328
<b>В.В. Шарасва, здобувач освіти, О.Ф. Коваленко, викладач</b> Витоки українського авіабудування .....	329
<b>О.Б. Юрас, викладач, Н.В. Демидюк, викладач</b> Впровадження інноваційних технологій в навчальний процес при вивченні автоматизованих систем управління.....	330
<b>Т.В. Юшко, студент, І.А. Васильченко, викладач</b> Вдосконалення 3D технологій для друкованих плат.....	331
<b>Є.В. Яковенко, студентка, І.Г. Косцова, кандидат педагогічних наук</b> Регулювання взаємного впливу екологічного стану водойм Металургійного району м. Кривого Рогу та оточуючого їх навколишнього середовища.....	332