

# Закономірності структуроутворення полімерних мікро- і нанокомпозиційних матеріалів в процесах їх кристалізації

Носенко А.О.

науковий керівник: Фіалко Н.М.  
Кафедра теоретичної та прикладної фізики,  
Навчально-науковий аерокосмічний інститут,  
Національний авіаційний університет,  
Київ, Україна  
[yaryanchzhanchzhen@yahoo.co.jp](mailto:yaryanchzhanchzhen@yahoo.co.jp)

**Анотація** — робота присвячена експериментально-теоретичному дослідженню механізмів структуроутворення полімерних мікро- і нанокомполімерів. Наводяться результати експериментальних досліджень кінетики кристалізації. Представлено дані аналізу цих досліджень у відповідності з рівняннями нуклеації та Колмогорова – Аврамі

**Ключові слова** — полімерні мікро- і нанокомполімери, механізми кристалізації, екзотерми кристалізації.

## I. ВСТУП

Останнім часом спостерігається тенденція до більш широкого застосування полімерних мікро- і нанокомполімерів. Це пов'язано, насамперед, з широким спектром їх унікальних фізико-механічних і технологічних властивостей.

З огляду на задачі розроблення нових полімерних мікро- і нанокомполімерів, актуальними є поглиблені дослідження, спрямовані на вивчення особливостей формування їх структури в процесі кристалізації, яка значною мірою визначає властивості одержуваних матеріалів[1].

## II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

В завдання досліджень входило встановлення механізмів структуроутворення при охолодженні полімерних композитів з розплаву. При цьому дані механізми розглядаються, як для ситуації зародження окремих структурно упорядкованих підобластей (стадії нуклеації), так і для стадії утворення таких підобластей в усьому об'ємі композиту. Дослідження проводилося при зміні масової частки наповнювача від 0,2 до 4% і варіюванні швидкості охолодження від 0,5 до 20 К/хв.

Експериментально-теоретична методика встановлення механізмів структуроутворення складається з двох етапів, перший з яких полягає в експериментальному визначенні екзотерм кристалізації композита при його охолодженні з розплаву з заданою постійною швидкістю. Другий етап методики полягає у теоретичному визначенні на основі отриманих експериментальних даних характеристик структуроутворення на стадії початку формування окремих упорядкованих структур з використанням рівняння нуклеації та на стадії формування цих структур в

усьому об'ємі композиту із застосуванням рівняння Колмогорова-Аврамі.

## III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

В роботі наводяться характерні результати експериментальних досліджень щодо визначення екзотерм кристалізації для полімерних мікро- і нанокомполімерів, які розглядаються. При цьому представлено дані з дослідження впливу швидкості охолодження на основні параметри процесу кристалізації композитів. За результатами досліджень, зокрема, показано, що зі збільшенням швидкості охолодження суттєво знижуються максимуми теплового потоку при їх помітному зміщенні в область більш низьких температур. Підвищення швидкості охолодження композиту зумовлює також зниження температур початку і кінця кристалізації при помітному збільшенні інтервалу температур кристалізації.

Одержані експериментальні дані з кінетики кристалізації слугували основою для теоретичного визначення відповідних параметрів структуроутворення. За результатами виконаних досліджень встановлено, що для розглянутих композитів на стадії нуклеації мають місце два механізми структуроутворення – площинний і об'ємний. При цьому об'ємний механізм має деякі переваги.

Дослідження механізмів структуроутворення на стадії кристалізації в усьому об'ємі композиту проводилися у припущенні наявності двох механізмів структуроутворення, першого, пов'язаного з кристалізацією власне полімерної матриці, і другого – з кристалізацією, в якій роль центрів кристалізації відіграють частинки наповнювача. Досліджено залежність цих механізмів від масової частки наповнювача.

## IV. ВИСНОВКИ

Виконано експериментально-теоретичні дослідження зі встановлення механізмів структуроутворення при кристалізації з розплаву полімерних мікро- і нанокомполімерів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Долинский А.А. Теплофизические свойства полимерных микро- и нанокомполімерів на основе поликарбоната /А.А. Долинский, Н.М. Фіалко, Р.В. Динжос, Р.А. Навродская//Промышленная теплотехника.-2015.-№2.-С.12-19

# Цікаві дослідження з фізики як засіб пізнавальної мотивації майбутніх інженерів

Тарасевич С.М.

науковий керівник: Сліпухіна Ірина Андріївна

Кафедра аеронавігаційних систем,

Навчально-науковий Інститут аеронавігації електроніки та телекомунікацій

Національний авіаційний університет,

Київ, Україна

[tarasevich.stas95@mail.ru](mailto:tarasevich.stas95@mail.ru)

**Анотація** — робота присвячена розгляду проблеми урізноманітнення методичних підходів до викладання курсу загальної фізики у вищих технічних навчальних закладах. Наведено приклади цікавих дослідів з курсу загальної фізики, а також розглянуто особливості їх постановки.

**Ключові слова** — фізика, викладання, вищі навчальні заклади, дослідження, наочне використання фізичних законів.

## I. ВСТУП

Відомо, що вивчення курсу загальної фізики формує науковий світогляд майбутніх інженерів і є основою їх подальшої техніко-технологічної діяльності. Однак, методика викладання цієї дисципліни, побудована у класичний лекційно-практичний спосіб не задовольняє пізнавальні потреби студентів, яким часто доводиться розв'язувати академічні задачі і вчити теоретичний матеріал. Тому важливим є наочне, практичне дослідження цікавих фізичних явищ, які б мотивували до поглиблення теоретичних знань.

## II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Дослідно орієнтований підхід розвиває відомі навички для успішної діяльності у XXI ст., такі як навички до конструювання і вирішення різного роду проблем та питань. Саме тому фізично-практичні дослідження, які, зокрема потребують мінімальних матеріальних затрат, мають не тільки евристичний ефект, а й спонукають до у подальшому до ефективної навчальної діяльності.

Без сумніву, аудиторні і самостійні практичні дослідження учнів і студентів є ключовими у навчанні фізики, розумінні законів природи. Роботи Я. Й. Перельмана [1], Дж. Уокера [2], Кл. Е. Суорца [3], Т. Тіта [4], Л. А. Горєва [5] та ін. доводять, що фізика є не тільки корисною, але й, без перебільшення, захоплюючою наукою, яка супроводжує людину на кожному кроці у повсякденному житті.

## III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Розглянемо декілька дослідів, за допомогою яких можна змоделювати фізичні явища, а потім їх дослідити (описати) на підставі відомих законів фізики. Всі дослідження представлені у вигляді невеликих лабораторних технологічних карт, виконання яких не потребує особливої майстерності і дорогих засобів для постановки експерименту. Зазначимо, що ідеї подібних досліджень у значній кількості і різноманітних варіаціях можна знайти у мережі Internet [6].

**Дослід 1.** Дослідження властивостей електроліту та електричного струму ( накопичення, перетікання тощо).

**Обладнання:** лимон, два мідні дротики (до 15 см), скріпка, лампочка (краще за все, брати звичайний світлодіод).

**Техніка безпеки:** на етапі зачищення дротів, поводитися з гострим ножом обережно.

**Хід виконання роботи.**

1. За допомогою звичайного ножа зачистити чотири кінці двох дротів від ізоляції приблизно по 2 см від кінців.

2. Взяти один дріт і будь яким кінцем міцно примотати його до скріпки.

3. Зробити у лимоні невеликий надріз, і вставити туди скріпку із дротом. Інший дріт – вставити у лимон на відстані 2-3см від скріпки.

4. Вільні кінці двох дротів піднести до контактів лампочки, і просто притулити до них. Лампочка повинна засвітитися. Якщо лампочка не засвітилася, потрібно додати ще лимонів, з'єднавши їх такими ж дротами послідовно.

**Спостереження.** Що ж відбулося? Лимонний сік (кислота) – це електроліт (речовина, що проводить електричний струм), тому лимон виступатиме у якості акумулятора, який теж містить в собі електроліт. Саме через це, лимон перетворюється на «батарею», яка живить лампочку. Для кращого ефекту можна використати декілька лимонів.

**Дослід 2** Дослідження створення та властивостей магнітного поля за допомогою котушки індуктивності.

*Обладнання:* звичайна батарейка, цвях ( розмір не принциповий), шматок мідного дроту ( розмір якого, в залежності від розміру цвяха), та клейка стрічка(ізолююча).

*Хід виконання роботи:*

1) Потрібно обережно зчистити гумове покриття з дроту ( у тому випадку, якщо Ваш дріт має таке покриття)

2) Далі беремо цвях, та намотуємо на нього дріт таким чином, щоб майже увесь цвях був обмотаний дротом ( як нитки на котушці, тільки в один шар), і декілька сантиметрів дроту лишилися вільними з кожного краю. Важливо, щоб витки дроту прилягали одне до одного.

3) Після чого, вільні кінці дроту приєднуємо до кінців батарейки за допомогою клейкої стрічки.

4) Ваш магніт готовий до застосування. Тепер за допомогою нього можна збирати дрібні копійки, скріпки, маленькі цвяхи, тощо.

**ВАЖЛИВО!** В процесі роботи, магніт може досить сильно нагрітися, тому, будьте обережні і по закінченню роботи, від'єднуйте батарейку.

*Спостереження:* Що ж відбулося? За такої конструкції, цвях обмотаний дротом перетворився на котушку індуктивності (детальніше про яку можна дізнатися в інтернеті), що в свою чергу створює магнітне поле, яке і виступає у ролі «притягувача» для металевих предметів.

Дослід 3 Дослідження космічних променів (часточок) за допомогою камери Вільсона.

Наостанок ми залишили для Вас досить цікавий, але складний у виконанні дослід ( через потребу певних витрат коштів на матеріали, та збір самої конструкції)

*Обладнання:* чорна матова поверхня ( можна взяти звичайну сковороду для млинців), скляний купол із прозорими тонкими стінками ( має підходити по діаметру до чорної поверхні), поролон, шматок картону, нитки, голка, ножиці, лінійка, клейка стрічка, двостороння клейка стрічка, сухий лід (CO<sub>2</sub>), етиловий спирт (96%), ємність більша за чорну поверхню( миска, судок тощо), ліхтарик.

*Хід виконання роботи:*

1) За допомогою лінійки вимірюємо діаметр купола. Ножицями вирізаємо шматок картону необхідного розміру (трохи меншого за розмір скляного купола), щоб його можна було прикріпити до «стелі» всередині. Важливий момент, одну сторону заготовки з картону необхідно проклеїти клейкою стрічкою. Далі необхідно вирізати шматок поролону(або декілька, в залежності від його товщини) таких же розмірів, як і картон. Після чого, з'єднуємо картон разом із поролоном так, щоб спільною в них була сторона із проклеєним стрічкою картоном, за допомогою ниток і голки ( необхідно робити невеликі відступи при прошивці, щоб при змочуванні поролон не прогинався під власною вагою). Рекомендується прошити спіраллю, від краю до центру.

2) Далі за допомогою двосторонньої клейкої стрічки кріпимо отриману конструкцію до «стелі» купола всередині. До скляної поверхні прикріплено картон, а до картону прикріплено поролон – має вийти саме так. Якби

одразу кріпили поролон на двосторонню клейку стрічку до скла, то він би відпав у процесі зрошування спиртом.

3) Знаючи діаметр скляного купола, необхідно зробити розмітку на чорній матовій поверхні, і за допомогою шматків поролону і двосторонньої клейкої стрічки зробити шар ущільнювача (стілки купола мають стояти на прошарку з поролону).

4) За допомогою спирту зрошуємо весь поролон, який присутній в установці ( ущільнювач та «стелю») таким чином, щоб він був досить вологим, але з нього не крапало.

5) Насипаємо в миску сухий лід, та ставимо на нього нашу конструкцію.

*Дослід проводити в темній кімнаті, без джерел світла.*

6) Чекаємо 3-4 хвилини, направляємо світло ліхтарика так, щоб воно йшло по дотичній до чорної поверхні. І вдивляємося скрізь купол, теж по дотичній до чорної поверхні ( рекомендується дивитися на світло, тобто з протилежного боку до ліхтарика).

З імовірністю у 90 % Ви зможете спостерігати треки космічних часток (видимі рисочки із крапель спиртового конденсату) , детальніше про які можна дізнатися в Інтернеті. Сам дослід відомий як камера Вільсона, існує велика різноманітність його варіантів із заводу. В свою чергу, ми пропонуємо зібрати його власноруч з доступних матеріалів.

#### IV. ВИСНОВКИ

В статті запропоновано дослід, які є досить цікавими у виконанні, та здатними урізноманітнити стандартний курс вивчення дисципліни «Загальна фізика» у вищих навчальних закладах. Експерименти, запропоновані у нашій роботі, виступають у ролі проблемних завдань, дотикаються повсякденного життя і здатні формувати критичне мислення, а також підвищують пізнавальну мотивацію до вивчення фундаментального курсу, який є засадничим у діяльності майбутніх інженерів. У процесі аналізу експериментів студенти матимуть змогу на власний розсуд вирішувати питання, що також є ефективним навчальним тренінгом, який створює умови для розвитку креативності.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] [https://eduspб.com/public/books/nauch\\_pop\\_uch/perelman\\_fizika1.pdf](https://eduspб.com/public/books/nauch_pop_uch/perelman_fizika1.pdf)
- [2] Уокер Дж. Физический фейерверк. Пер. с англ. А. С. Доброславского под ред. и с предисл. И. Ш. Слободецкого. – М.: Мир, 1979. 288 с. с ил.
- [3] Суорц Кл. Э. Необыкновенная физика обыкновенных явлений: Пер. с англ. В 2-х т. Т. 1.- М.: Наука. Гл. ред. Физ.-мат. Лит., 1986. –400 ст., ил.
- [4] Тит Т. Веселые научные опыты и эксперименты/ Том Титт. – Харьков : Книжный клуб «Клуб семейного досуга», 2014. – 192 с. : ил.
- [5] Горев Л. А. Занимательные опыты по физике. Кн. Для учителя. – 2-е изд., перераб. – М.: Просвещение, 1985. – 175 с., ил.
- [6] [https://www.youtube.com/watch?v=7jSXZ6LzK\\_o](https://www.youtube.com/watch?v=7jSXZ6LzK_o)

# Використання портативного осцилографа для дослідження явища електромагнітної індукції

Каленченко В.Р.

науковий керівник: Сліпухіна І.А.  
Навчально-науковий інститут Аеронавігації  
Кафедра аеронавігаційних систем  
Національний авіаційний університет  
Київ, Україна  
[volodumurkalenchenko@gmail.com](mailto:volodumurkalenchenko@gmail.com)

**Анотація** — робота присвячена створенню лабораторного пристрою для дослідження явища електромагнітної індукції. У роботі описані основні складові та характеристики запропонованої експериментальної установки, в якій реєстрація величини електрорушійної сили здійснюється за допомогою портативного осцилографа.

**Ключові слова** — електромагнітна індукція; електрорушійна сила; осцилограф; портативний осцилограф неодимовий магніт

## I. ВСТУП

Явище електромагнітної індукції було відкрито Майклом Фарадеєм 29 серпня 1831 року. У своїх дослідях він генерував струм в обертовому мідному диску з ковзаючим дротом поблизу магніту («диск Фарадея») [1]. Цей пристрій був надзвичайно неефективним, однак мав значну цінність для подальшого наукового прогресу: бурхливий розвиток промисловості та техніки призвів до потреби установок, які генерують постійний струм високої напруги.

Він з'ясував, що електрорушійна сила (ЕРС), яка виникає у замкненому контурі, пропорційна швидкості зміни магнітного потоку через поверхню, обмежену цим контуром. Величина ЕРС не залежить від того, що є причиною зміни потоку – зміна самого магнітного поля, рух контуру (або його частини) у магнітному полі. Електричний струм, який виник цією ЕРС, називають індукційним струмом.

Закон електромагнітної індукції, сформульований Фарадеєм, розглядав провідний контур, що перетинає лінії магнітного поля [2]. Однак у випадку диска Фарадея магнітне поле було направлено вздовж осі обертання, контур відносно поля не переміщувався. Обертання магніту разом з диском також призводило до появи ЕРС в нерухомому зовнішньому колі [3]. Так з'явився парадокс Фарадея, що був вирішений тільки через кілька років після його смерті з відкриттям електрона — носія електричного заряду, рух якого обумовлює електричний струм у металах [4].

## II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Актуальність даної роботи визначається насамперед широкими перспективами практичного використання, оскільки електричні уніполярні машини, принцип дії яких полягає у застосуванні явища електромагнітної індукції, дозволяють порівняно простими й економічними засобами генерувати струм. Ще одним чинником, який визначає актуальність створення лабораторного пристрою для дослідження явища електромагнітної індукції, є застаріле обладнання, яке не дає змоги проводити подібні дослідження.

## III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Раніше для вивчення явища електромагнітної індукції нами запропоновано та практично створено лабораторну експериментальну установку на базі мікроконтролера STM32F103C8 з датчиками напруги, струму та фоторотами з датчиків Холла [5]. Пізніше було прийнято рішення модернізувати експериментальний пристрій та зробити його автономним, тому що мікроконтролер з датчиками потребував комп'ютер для зняття показів та працездатності експериментальної установки.

Через високу швидкість руху магніту показники часу фоторотів часто склали значну похибку чи зовсім не спрацьовували, а результати розрахунків швидкості входження магніту в обмотку котушки мікроконтролером майже не відрізнялись від обчислень з формулою прискорення вільного падіння, тому датчики Холла були прибрані з конструкції, а апаратно-обчислювальний комплекс STM32 з датчиками сили струму та напруги був замінений на компактний осцилограф DSO150 на основі застосованого нами раніше мікроконтролера STM32F103C8 [6].

Такий осцилограф позиціонується виробником як набір для самостійної збірки, що знижує його вартість [7]. Оснащений 2.4-дюймовим TFT дисплеєм (рис.1), на якому може відобразитися максимальне, середнє, мінімальне та пікове значення амплітуди сигналів. Особливістю

осцилографу DSO150 є можливість «замороження» зображення, що дозволяє вивчити параметри електричних сигналів, які виникають внаслідок електромагнітної індукції, що може бути використане у лабораторному практикумі з фізики.

Осцилограф має характеристики:

- максимальна частота дискретизації: 1 MSa/s (MegaSamples per Second – кількість вибірок за секунду);
- точність: 12 біт;
- розмір буфера вибірки: 1024 байт;
- аналогова смуга пропускання: 0-200 кГц;
- вертикальна чутливість: 5мВ/под-20 В/под;
- вхідний опір: 1МΩ/20pF;
- максимальна вхідна наруга: 50Vpp;
- діапазон розгортки: 10мкс/под-500 с/под;
- похибка: 5% [6].



Рис. 1. Імпульс ЕРС індукції на дисплеї осцилографа

Наразі експериментальний пристрій містить такі елементи: дві котушки, що мають різну кількість витків (77 та 235), виготовлені з мідного дроту перерізом 0.5 мм; направляючих труб зі змінною довжиною, які з'єднані зі штативом, що утримує всю конструкцію; неодимового магніту; панелі зі світлодіодів, які мають паралельне з'єднання; м'якого гальма; осцилографа DSO150 [5].

У роботі використано неодимовий магніт, який має наступні характеристики: діаметр  $D=45$  мм; висота  $H=30$

мм; сила зчеплення  $F=900$  Н; маса  $m=390$  г; вектор намагніченості  $J=42$  А/м; покриття поверхні нікельоване (Ni-Cu-Ni) [5].

#### IV. ВИСНОВКИ

У статті запропоновано лабораторний пристрій для дослідження явища електромагнітної індукції. Проведені дослідження продемонстрували доцільність використання експериментальної установки у лабораторному практикумі з фізики. Простота використання портативного осцилографа мінімізує складність проведення досліджень. Окрім того, даний осцилограф має для можливості покращення, наприклад, прилаштування літій-іонного акумулятора для повної автономності системи.

#### Список використаних джерел

- [1] Michael Faraday, by L. Pearce Williams. — New York City: Simon and Schuster, 1971. — 531 p.
- [2] Сиротюк В. Д. Фізика 11 клас. Підручник для загальноосвітніх навчальних закладів - рівень стандарту. Підручник. — Харків: Сидня, 2011. — 286 с.
- [3] Будішев М. С. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка. Підручник. — Львів: Афіша, 2001. — 424 с.
- [4] И.Е. Тамм. Основы теории электричества. Учебное пособие для студентов физических специальностей университетов. — Москва: Физматлит, 2003. — 615 с.
- [5] Каленченко В.Р., Сліпучіна І.А. Комп'ютерно-орієнтована система для лабораторних досліджень з фізики на базі мікроконтролера STM3 // Політ 2017. Сучасні проблеми науки: Тези доповідей XVII міжнародної науково-практичної конференції молодих учених і студентів. — Київ, 2017 [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://aki.nau.edu.ua/wp-content/uploads/%D0%A2%D0%B5%D0%B7%D0%B8.pdf> 96 с
- [6] DSO Shell (DSO150) Oscilloscope DIY Kit [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://www.jyotech.com/Products/LcdScope/e150.php>
- [7] DSO Shell DIY Kit User Manual Rev. 07 [Електронний ресурс] — Режим доступу: [https://www.jyotech.com/Products/LcdScope/UserManual\\_Shell\\_new.pdf](https://www.jyotech.com/Products/LcdScope/UserManual_Shell_new.pdf)

# CFD моделювання теплогідрравлічних характеристик надкритичної води при різних режимах теплообміну

Войтенко А.Ю.

науковий керівник: Фіалко Наталія Михайлівна  
Кафедра теоретичної та прикладної фізики,  
Аерокосмічний інститут,  
Національний авіаційний університет,  
Київ, Україна  
[Mircool@ukr.net](mailto:Mircool@ukr.net)

*Анотація* — наведено результати CFD моделювання теплообміну в умовах висхідної течії надкритичної води у вертикальних гладких трубах при зміні в широких межах масової швидкості і теплового потоку на стінці каналу. Представлено результати зіставлення експериментальних і розрахункових даних для різних режимів теплообміну – покращеного, нормального і погіршеного. Виконано аналіз результатів CFD моделювання щодо просторового розподілу фізичних властивостей надкритичної води.

*Ключові слова* — надкритична вода, покращений, нормальний, погіршений режим теплообміну, CFD моделювання, фізичні властивості надкритичної води.

## I. ВСТУП

Серед методів підвищення енергетичної ефективності атомних електростанцій з водоохолоджуваними реакторами особливо виділяється перехід від до критичних до надкритичних параметрів теплоносія. Реалізація такого переходу пов'язана з необхідністю проведення системних досліджень течії і теплообміну в реакторах при надкритичних параметрах.

## II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Одна з основних тенденцій розвитку досліджень теплогідрравлічних характеристик надкритичної води полягає у широкому застосуванні CFD моделювання [1, 3]. При цьому значний інтерес становить зіставлення CFD передбачень та результатів експериментальних досліджень.

Дана робота присвячена моделюванню з застосуванням FLUENT коду теплогідрравлічних характеристик надкритичної води в умовах її висхідної течії у вертикальних гладких трубах при різних режимах теплообміну – покращеному, нормальному і погіршеному.

## III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Фізична ситуація, що розглядається відповідає задачі змішаної конвекції (при вимушеному і вільному русі) в умовах суттєвої температурної залежності фізичних

властивостей рідини. В роботі виконано спеціальні дослідження з верифікації моделі турбулентного переносу та обґрунтування застосування  $k-\omega$  SST моделі.

Обчислювані експерименти проведено для вертикальних гладких труб з нагріваючою довжиною 4 м і внутрішнім діаметром 10 мм при порівняно високих ( $G \approx 1000$  кг/м<sup>2</sup>с) і середніх ( $G \approx 500$  кг/м<sup>2</sup>с) значеннях масової швидкості та різних величинах теплового потоку на стінці (від 189 кВт/м<sup>2</sup> до 826 кВт/м<sup>2</sup>). Порівняльний аналіз результатів CFD моделювання і експериментальних даних виконано щодо температури внутрішньої поверхні стінки труби і коефіцієнта тепловіддачі. За результатами проведеного зіставлення встановлено, що при реалізації режимів покращеного і нормальному теплообміну має місце хороше узгодження порівнюваних даних.

В умовах погіршеного теплообміну в центральній по довжині стінки труби спостерігаються певні розбіжності між CFD передбаченнями і результатами експериментів.

## IV. ВИСНОВКИ

В роботі виконано комп'ютерне моделювання теплогідрравлічних характеристик потоків надкритичної води у вертикальних гладких трубах при різних режимах теплообміну та проведено зіставлення даних моделювання з результатами експерименту

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Фіалко Н.М., Пиоро И.Л., Майсон Н.В., Меранова Н.О. Моделирование течения и теплообмена в гладких трубах при сверхкритических давлениях, Промышленная теплотехника, 2016, т.38, №3, с.10-17.
- [2] Фіалко Н.М., Пиоро И.Л., Майсон Н.В., Меранова Н.О., Шараевский И.Г. Влияние массовой скорости потока на характеристики течения и теплообмена в гладких трубах при сверхкритических параметрах, Промышленная теплотехника, 2016, т.38, №4, с.5-13.
- [3] Agranat V., Pioro I., Malin M., Abdullah R., CFD Modeling of Supercritical Water Heat Transfer in a Vertical Bare Tube upward Flow, Proceedings of the 23<sup>th</sup> International Conference On Nuclear Engineering (ICONE-23), May 17-21, Chiba, Japan, 2015, 11 pages. [Eng.]



# Кишеньковий мікроскоп

Качна Д.О.

науковий керівник: Сліпухіна І.А.

Кафедра аеронавігаційних систем,

Навчально-науковий інститут Аеронавігації електроніки  
та телекомунікацій,

Національний авіаційний університет,

Київ, Україна

[dasha.kachnaya@gmail.com](mailto:dasha.kachnaya@gmail.com)

Михник О.Ю.

науковий керівник: Сліпухіна І.А.

Кафедра аеронавігаційних систем,

Навчально-науковий інститут Аеронавігації електроніки  
та телекомунікацій,

Національний авіаційний університет,

Київ, Україна

[ollgaelka2000@gmail.com](mailto:ollgaelka2000@gmail.com)

**Анотація** — робота присвячена вивченню оптики під час експериментального розроблення мікроскопу. У роботі запропонований проект із фізики, за допомогою якого можна вирішити ряд проблем, що виникають у сучасному світі. Також у роботі розглянутий процес збирання оптичного приладу.

**Ключові слова** — мікроскоп, оптика, лінза, кулькова лінза.

## I. ВСТУП

Оптика – розділ фізики, що вивчає властивості і фізичну природу світла, а також його взаємодію з речовиною. Детальніше цей розділ розглянуто авторами у книзі [1]. Основним пристроєм геометричної оптики є лінза. Вона являє собою систему двох сферичних заломлюючих поверхонь.

Лінзи є універсальним оптичним елементом більшості оптичних систем [2]. Їх традиційно застосовують у біноклях, телескопах, оптичних прицілах, теодолітах, мікроскопах і різноманітній фото- і відеотехніці. Поодинокі збираючі лінзи використовуються як збільшувальне скло. Інша важлива сфера застосування лінз офтальмологія, де за допомогою них виправляють різні недоліки зору — короткозорість, далекозорість, неправильна акомодация, астигматизм і т.д. Лінзи використовують у таких пристосуваннях, як окуляри і контактні лінзи. У радіоастрономії й радарх часто використовуються діелектричні лінзи, що збирають потік радіохвиль у приймальну антену, або фокусуються на цілі. У конструкції плутонієвих ядерних бомб для перетворення сферичної ударної хвилі застосовувалися лінзові системи, виготовлені з вибухівки з різною швидкістю детонації.

Ідею проекту взято з [3], він розглядає приклад, де поодинокі збираючі лінзи використовуються як збільшувальне скло.

## II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

На сьогоднішній день існує багато різних професій, де люди потребують детально оглядати різні предмети, деталі, клітини тощо. Завдяки новітнім технологіям ми маємо можливість зменшити або збільшити не тільки предмети, які нам необхідно оглянути, а й самі прилади для огляду, у нашому випадку мікроскоп. Ми пропонуємо його зробити більш компактним для зручності при транспортуванні. У 2018 році є актуальною проблема

медицини в малорозвинених країнах. Існує багато лікарів-волонтерів в усьому світі, які намагаються зробити свій внесок для поліпшення стану здоров'я у зонах із підвищеними показниками хворобливості.

У людей, що працюють з електронікою, часто виникає необхідність ремонту приладів з дуже маленькими деталями. У таких випадках потрібно не тільки вміти знаходити непрацюючі елементи, але і обережно зуміти їх замінити. Для цього не потрібно навантажувати свій зір, можна просто використати мікроскоп.

Цей винахід також стане корисним для археологів. Вони матимуть змогу оглядати знайдені предмети одразу на місці проведення розкопок, невитрачаючи дорогоцінний час на перевезення артефактів до лабораторії.

Останнім часом колекціонування монет почало набирати популярність. Багато хто став жертвою шахраїв через свою неуважність до дрібних деталей на поверхні монети.

Насправді існує ще багато прикладів необхідного застосування мікроскопа, але цих повинно бути достатньо для постановки проблеми проекту.

## III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

На рис.1 зображено: 1 – об'єкт, 2 – зображення. На ньому показано, як опукла лінза заломлює промені світла для формування зображення [4]. У цьому прикладі об'єкт або зразок знаходиться поза фокусним центром, а отримане зображення перевернуто на іншу сторону об'єктива.

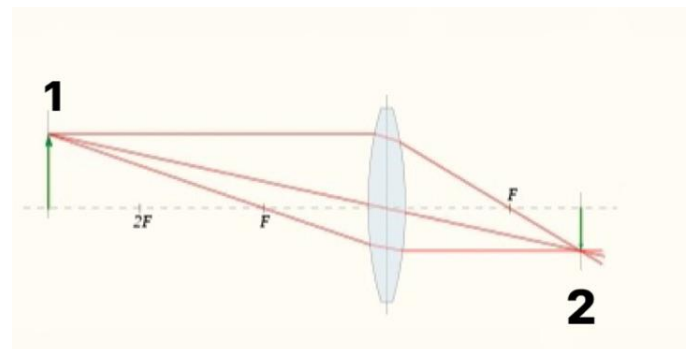


Рис.1 Побудова зображення за допомогою збиральної лінзи

У рамках цього проекту створено кишеньковий мікроскоп, який працює за допомогою мобільного телефону з лінзою, із скляною кулькою розміром 1 міліметр. Скляна кулька діє як об'єктив у мікроскопі мобільного телефону. Це забезпечує високе збільшення зображення.

Технологія виготовлення установки і реалізація експерименту містила декілька етапів. Добір всіх компонентів для даного досліджу, серед яких: паперова труба, ножиці, паперовий рушник, канцелярська кнопка, кулькова лінза діаметром 1 міліметр, пінцети для обробки кулькової лінзи, мобільний телефон з вбудованою камерою (повинен, принаймні, мати можливість збільшувати та зменшувати зображення вручну та фокусуватися), електрична стрічка, викрутка, міні-лампа розжарюванн, АА батарейки, 8xАА тримач акумулятора, кабелі для алігатора.

Кишеньковий мікроскоп для мобільного телефону створюється за допомогою скляної лінзи, невеликого шматка тонкої гуми (для утримання лінзи) та електричної стрічки. Робиться отвір у одному зі шматків гуми за допомогою канцелярської кнопки. Кулькова лінза вставляється в отвір у гумовій частині. За допомогою електричної стрічки дані елементи закріплюються на камері телефона. Для створення стійки з двох паперових трубок потрібно зробити дві виїмки внизу паперової труби. Підключити один кінець червоних та чорних кабелів до двох провідників міні-лампи розжарювання, а інші - до червоних та чорних проводів від акумуляторної батареї. Це завершує ланцюг, і лампочка повинна загорятися.

Тобто, кишеньковий мікроскоп складається з лінзи, закріпленої на телефоні, паперової труби та джерела світла, щоб освітлювати зразок знизу. Принцип роботи мікроскопа полягає в тому, що він підноситься близько до об'єктної площини, на якій лежить призначений для вивчення об'єкт, а об'єктив у свою чергу забезпечує велике збільшення зображення [5].

#### IV. ВИСНОВКИ

Кишеньковий мікроскоп дасть змогу проводити певні дослідження поза зоною наукових кабінетів або лабораторій. У цьому проекті не використовуються новітні технології, але він був створений для того, щоб наука стала більш доступною для середньостатистичного громадянина. Кожна людина зможе розвивати у себе дослідницькі вміння (уміння виявлення проблеми, збирання інформації, спостереження, проведення експерименту, аналізу, побудови гіпотез, узагальнення).

Наведено приклади застосування кишенькового мікроскопа, який буде займати у чотири рази менше місця, аніж звичайний, при чому залишаючись не менш ефективним. Під час роботи над приладом виникла складність у пошуку необхідних матеріалів, деталей та їх подальшої доставки до нашого регіону. Підводячи підсумок, потрібно зазначити, що проект був виконаний успішно, з урахуванням поставлених цілей.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Савельєв І. В. Часть I / І. В. Савельєв // "Курс общей физики" / І. В. Савельєв., 1982. – С. 9–16.
- [2] Лінза [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%96%D0%BD%D0%B7%D0%B0>.
- [3] Picture This: Building a Cell Phone Microscope [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: [https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/Photo\\_p024/photography-video/building-a-cell-phone-microscope#procedure](https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/Photo_p024/photography-video/building-a-cell-phone-microscope#procedure).
- [4] Сминтина В. А. Оптика: Підручник. — 2-ге вид., виправ. і допов./ Одес. Нац. ун-т. — Одеса: Астропринт, 2008. — 312 с.
- [5] Turning a cell phone into a microscope [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.youtube.com/watch?v=5qcJySNLs84>.



# Особливості створення автоматизованої ракети з альтернативним типом двигуна

Пушкарьський М.О.  
науковий керівник: Сліпухіна Ірина Андріївна  
Кафедра аеронавігаційних систем  
Національний авіаційний університет  
Київ, Україна  
neketua3@gmail.com

Яковенко Д. К.  
науковий керівник: Сліпухіна Ірина Андріївна  
Кафедра біокібернетики та аерокосмічної медицини  
Національний авіаційний університет  
Київ, Україна  
dimayaha@yandex.ru

**Анотація** – Робота присвячена створенню прототипу ракети, реактивний рух якої здійснюється на основі використання потенціальної енергії стисненого повітря. Застосовано мікроконтролер Arduino nano

**Ключові слова** – ракета; альтернативна енергія; реактивний рух; стиснене повітря, Arduino nano, 3D принтинг.

## I. ВСТУП

Створення прототипу автоматизованої ракети є дуже інформативною для розвитку навичок майбутніх інженерів безпілотної авіації, на додаток цей проект є важливим кроком до зменшення впливу запусків ракет на навколишнє середовище. Також такий тип ракет може суттєво зменшити вартість виведення корисного навантаження на потрібну висоту.

## II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

У наші дні, як в Україні так і в Світі, в ракетну інфраструктуру дуже активно вводяться новітні технології. Одна із самих розвинених – це радіоелектронні досягнення за останні 50-70 років.

В наш час лідерами інновацій і кількості запусків являються компанії “SpaceX” і “NASA”, які роблять дуже значні, а іноді й неймовірні, зрушення у розвитку космічної галузі. Сучасне електронне обладнання відкриває широкий спектр можливостей: покращення зв'язку, моделювання польотів по сонячній системі, повернення першого ступеню ракети на землю... Але до нині не вирішено проблеми вартості і екологічності запусків ракет. При запуску космічних ракет спалюється неймовірна кількість палива. Наприклад при запуску ракети “Falcon 9” [1] (вартість запуску 62 млн \$) перший ступінь спалює приблизно 410 тон палива за 162 секунди польоту, перший ступінь ракети “Протон-М” [2] (вартість запуску 65 -70 млн \$) спалює приблизно 430 тон палива за 121 секунду роботи. Вся ця маса палива за декілька хвилин, в процесі горіння перетворюється у отруйний газ, що розповсюджується разом із вітром у атмосфері Землі, перемішуючись з вологою у хмарах, і у подальшому з опадами зрошує поверхню землі. Для вирішення даної проблеми ми розпочали дослідження у цій сфері.

## III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Розробці автоматизованої ракети передувала звичайна ракета на реактивній водній тязі [5] без будь-яких датчиків, і автоматичних систем. В роботі запропоновано використання ракети, в якій замість палива використовується енергія стисненого повітря і вода.

Для кращого розуміння принципу роботи подібної ракети представлено її схему (Рис 1.)

З дистанційного пульта керування, розробленого на основі плати Arduino nano і WIFI модуля, подається сигнал на стартовий стіл, обладнаний приймачем сигналу, який складається з Arduino nano, WIFI модуля і сервопривода, котрий керує системою запуску ракети. Після відкриття клапану (1), із балону для стисненого повітря і води (2) вивільняється реактивний [3] струмінь води, під дією реактивної тяги ракета злітає. Для стабільного польоту до корпусу ракети (3) було прикріплено три повздовжні стабілізатори (4) під кутом 120° один до одного.

Коли ракета досягає своєї максимальної висоти польоту, автоматично відкидається носовий обтікач (5) і викидається парашут за допомогою системи викидання парашуту (6), після розкриття парашуту ракета приземлюється неушкодженою, готова до перезарядки і наступного польоту. Після приземлення ми маємо змогу отримати інформацію про найбільшу набрану висоту із дисплея вмонтованого у корпус ракети.

Технологія виготовлення установки складалася з таких етапів:

- створення проекту установки “на папері”;
- написання прошивок [4] для кількох плат Arduino nano V3.0 на мікроконтролері ATmega 328;
- 3-D моделювання деталей системи викидання парашуту в середовищі Tinkercad [6], з їх подальшим друком з ABS-пластмаси на 3-D принтері зробленому на основі Arduino Mega2560;
- добір додаткових компонентів, серед яких WIFI модулі nRF24L01, сервоприводи, монтажні дроти, батарейки типу “Крона”, саморобні поліетиленові парашути, пластмасова пляшка (2Л), ніпель, пінопласт, деревина, насос, декілька пружин;
- збирання прототипу;

- тести та багаторазове налагодження нормальної роботи установки.

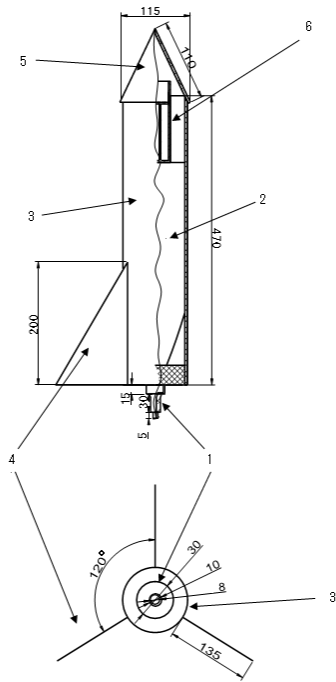


Рис.1. Вид ракети збоку ( вгорі); вигляд ракети знизу (внизу)

Артефакт обладнаний функцією дистанційного запуску, автоматичною системою приземлення і після приземлення є змога дізнатися про максимальну висоту польоту із вмонтованого у корпус ракети дисплея. Також в роботі приведено схему самої ракети з описом, і принцип роботи автоматизованої ракети на альтернативному типі двигуна.

#### IV. ВИСНОВКИ

В статті запропоновано альтернативний тип ракетного двигуна, автоматичну систему приземлення,

спосіб збільшення висоти підйому ракети не змінюючи її конструкції, систему дистанційного запуску, докладно описано процес створення ракети, 3D моделювання системи викидання парашуту з подальшим друком. В перспективі створення більш досконалої ракети подібного типу у більшому масштабі з досконалішою системою зльоту – посадки. В ході опрацювання проекту виникали труднощі з написанням прошивок для плат Arduino nano, 3D моделюванням деталей для механізму викидання парашуту, які були розроблені власноруч (за основу було взято спусковий механізм арбалета).

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Falcon 9. Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Falcon\\_9](https://uk.wikipedia.org/wiki/Falcon_9) від 20.06.2008
- [2] Протон-М [ru.wikipedia.org/wiki/Протон\\_\(ракета-носитель\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Протон_(ракета-носитель)) [open in new](#)
- [3] Савельев И. В. Курс общей физики, т. 1. г. 2. § 22. Режим доступу: <http://old.pskgu.ru/ebooks/sav1.html>
- [4] Інсталятор програми для написання коду і прошивки плат Arduino. Режим доступу: <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>
- [5] Ракети на водяній тязі. Режим доступу: <https://www.youtube.com/watch?v=WsRVYoMpDfs>, <https://www.youtube.com/watch?v=56v6cJryLvQ>
- [6] Середовище для 3-D моделювання. Режим доступу: <https://www.tinkercad.com/>

# Особливості конструкції пірометра на основі Arduino Nano

Ключенко І.І.  
науковий керівник: Сліпухіна Ірина Андріївна  
Кафедра загальної фізики,  
Національний авіаційний університет,  
Київ, Україна  
Vania.Clyuchencko2@gmail.com

Цимбалюк І.С.  
науковий керівник: Сліпухіна Ірина Андріївна  
Кафедра загальної фізики,  
Національний авіаційний університет,  
Київ, Україна  
tsymbaliuk.nau@gmail.com

**Анотація** – робота присвячена аналізу особливостей конструювання пірометра з мікроконтролером ATmega328. Створено огляд різних типів датчиків. Дана їх класифікація, описані принципи роботи деяких типів датчиків і області їх застосування. Особливу увагу приділено інфрачервоному термометру MLX90614. Визначено можливості застосування оптичних датчиків у різних галузях. Описано принцип дії пірометра зі зникаючою ниткою.

**Ключові слова** – *пірометрія; інфрачервоний термометр; Arduino Nano.*

## І. ВСТУП

Датчики (сенсори) дозволяють отримувати, реєструвати, обробляти і одержувати інформацію про стан різних систем. Це може бути інформація про фізичну будову, хімічний склад, форму, положення і динаміку досліджуваної системи. Існують різні типи датчиків, принципи дії яких базуються на визначенні фізичних або хімічних явищ та властивостей. Успіхи в таких областях як лазерна фізика, фізика твердого тіла, мікроелектроніка, мікропроцесорна техніка привели до розвитку нового напрямку в розробці датчиків - створення інфрачервоних датчиків. Принцип роботи даного датчику заснований на інфрачервоному детекторі термопар MLX81101.

Сучасні безконтактні датчики температури здатні визначати температуру на великій відстані. Деякі моделі датчиків можуть бути додатково забезпечені лазерним покажчиком, що дозволяє більш точно захоплювати об'єкт для вимірювання.

Перспективним напрямком підвищення ефективності досліджень є створення «розумного» датчика, який буде передавати показники через інтернет з'єднання на смартфон або комп'ютер (для спостережень за досліджуванним об'єктом на відстані впродовж тривалого періоду часу)

## II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Сучасний ринок пропонує споживачам широкий вибір пристроїв для вимірювання температури, якість та можливості яких перебувають на високому рівні, але водночас їх вартість є високою.

Аналіз цін на комплектуючі продемонстрував, що собівартість власноруч зібраного пристрою майже така ж або навіть менша від пропозицій на ринку. Також з'являється можливість для створення модернізованих (приспосованих для певних завдань) пристроїв, що також дає певний досвід в інженерній сфері.

Особливо важливим є підвищення точності вимірювання в довготривалих експериментах.

Таким чином виникає проблема у вдосконаленні або переобладнанні існуючих пристроїв, що відкриє нам цікаві особливості в конструюванні та принципі роботи пірометричних пристроїв.

Основною метою роботи є дослідницький процес створення пірометричного пристрою, огляд принципу його дії, аналіз досягнень у цьому напрямку та ознайомлення з розробками в пірометричній галузі.

## III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

В 20-ому столітті виникла необхідність в створенні приладу для вимірювання температури в екстремальних умовах (для контролю за виготовленням тугоплавких сплавів). Такі прилади базувалися на принципі пірометра із зникаючою ниткою [1]. Інтервал вимірюваних температур для загальнопромислових пірометрів зі зникаючою ниткою встановлений від 700 до 8000° С у видимій області спектра. Невдовзі постало питання про створення більш універсального пірометра, який би зміг визначати широкий діапазон температур будь-яких тіл. Таку

можливість надають більш сучасні інфрачервоні термометри, варіацій створення яких існує достатньо.

Ми зробили огляд іноземних проєктів стосовно створення безконтактних термометрів, на базі Arduino. Інформацію про проєкт ми знайшли на ресурсі [2].

Також існують інші проєкти, які демонструють можливі варіанти реалізації проєкту [3],[4].

Про актуальність пірометрів сьогодні свідчить ринок цієї продукції в Україні та за кордоном, оскільки сфер застосування для них безліч (починаючи з сільського господарства, закінчуючи новітніми розробками в космічній галузі). Використовуються вони в основному в обробній промисловості та у галузях, що стосуються технічного обслуговування.

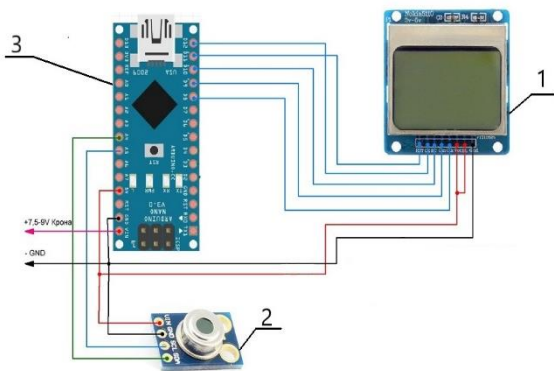


Рис.1.Схема пірометра на основі Arduino

На рисунку 1 зображено схему пристрою:

LCD дисплей рис. 1. (позиція 1) забезпечує задовільну роздільну здатність для зчитування показників.

Інфрачервоний датчик MLX81101 рис. 1. (позиція 2) має малі розміри, невисоку вартість і його легко інтегрувати. Він працює в широкому діапазоні температур: -40 ... + 125°C для температури датчика; -70 ... + 380 ° C для температури об'єкта;

крок вимірювання 0,02 ° C.

SMB сумісний цифровий інтерфейс.

Настроюваний вихідний ШІМ (Широтно-імпульсна модуляція) для безперервної роботи читання та має режим сну для зменшення енергоспоживання.

Arduino Nano рис.1. ( позиція 3) є повнофункціональною мініатюрною установкою на базі мікроконтролерів ATmega328 (Arduino Nano 3.0) або ATmega168 (Arduino

Nano 2.x), адаптована для використання з макетними платами.

Пристрій зібрано в пластиковому корпусі від блоку живлення ноутбука. На фронтальній панелі міститься перемикач, який вмикає живлення.

#### IV. ВИСНОВКИ

В ході конструювання пірометра на основі Arduino Nano виникали труднощі з програмуванням мікроконтролера (для цього необхідний був програматор). Також певні складнощі були з електромонтажем, оскільки для цього необхідне спеціальне обладнання (паяльна станція). Існує необхідність в створенні можливості заряджати батарею через mini-USB роз'єм, або реалізувати живлення за допомогою батареї «Крона» на 9 В.

Основним нашим завданням на майбутнє є модернізація приладу та реалізація можливості онлайн моніторингу температур впродовж тривалих досліджень. А також збереження вимірянних значень в масиві та створення графіку, який би наочно демонстрував умови проходження досліджуваних процесів (наприклад - дистанційне спостереження через смартфон за довготривалим експериментом, що значно економить час та ресурси) оскільки модернізація та оптимізація це основний напрям розробок сьогодні.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Преображенский В. П. "Теплотехнические измерения и приборы" [Електронний ресурс] / В. П. Преображенский // "Энергия", Москва. – 1978. – Режим доступу до ресурсу : <http://www.toroid.ru/preobrajen.html>.
- [2] Arduino Based IR Thermometer with TFT Display and TMP006 [Електронний ресурс] // ARDUINO PROJECT HUB. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: [https://create.arduino.cc/projecthub/antiElectron/arduino-based-ir-thermometer-with-tft-display-and-tmp006-30a1ef?ref=search&ref\\_id=infrared%20thermometer&offset=0](https://create.arduino.cc/projecthub/antiElectron/arduino-based-ir-thermometer-with-tft-display-and-tmp006-30a1ef?ref=search&ref_id=infrared%20thermometer&offset=0).
- [3] IR TEMPERATURE SENSOR [Електронний ресурс] // instructables. – 2016. – Режим доступу до ресурсу : <http://www.instructables.com/id/IR-Temperature-Sensor/>.
- [4] Grove - Infrared Temperature Sensor Introduction [Електронний ресурс] // seeed – Режим доступу до ресурсу : [http://wiki.seeed.cc/Grove-Infrared\\_Temperature\\_Sensor/](http://wiki.seeed.cc/Grove-Infrared_Temperature_Sensor/).
- [5] Кадышевич А. Е. "Современное состояние и пути развития оптической пирометрии пламени" [Електронний ресурс] / А. Е. Кадышевич // УФН 76 683–710. – 1962. – Режим доступу до ресурсу : <https://ufn.ru/ru/articles/1962/4/c/>.
- [6] Principles of Non-Contact Temperature Measurement [Електронний ресурс] // KELLER ITS – Режим доступу до ресурсу : <https://www.keller-its.com/application/principles-infrared-temperature-measurement.php>.
- [7] Гордов А. Н. Основы пирометрии / А. Н. Гордов., 1971. – 448 с.

# Оптичні ілюзії: «дзеркало нескінченності»

Руденко М.Д.

науковий керівник: Сліпухіна І.А.  
Кафедра аеронавігаційних систем  
Навчально-науковий інститут Аеронавігації,  
електроніки та телекомунікацій  
Національний авіаційний університет,  
Київ, Україна  
[nikitadmytrievich@gmail.com](mailto:nikitadmytrievich@gmail.com)

Крисько А.В.

науковий керівник: Сліпухіна І.А.  
Кафедра аеронавігаційних систем  
Навчально-науковий інститут Аеронавігації,  
електроніки та телекомунікацій  
Національний авіаційний університет,  
Київ, Україна  
[andreyviacheslavovich@gmail.com](mailto:andreyviacheslavovich@gmail.com)

**Анотація** — робота присвячена розгляду такого явища як «ефект нескінченності» в оптиці. В роботі розглядається установка, а саме — так зване «дзеркало нескінченності», завдяки якому і виникає описане вище явище, а також принцип дії цього дзеркала.

**Ключові слова** — «дзеркало нескінченності», «ефект нескінченності», оптичні ілюзії, відбивання світла, світлодіодна стрічка

## I. ВСТУП

Як відомо, в розділі курсу загальної фізики «Оптика» досліджується природа і закони випромінювання, поглинання, поширення електромагнітних хвиль видимого діапазону (світла) в різноманітних середовищах, а також досліджуються процеси його взаємодії з речовиною [1]. Звичайно ж, виходячи з цього означення, вже можна стверджувати, що оптика є досить важливим розділом фізики, а також цікавим, наприклад, тому, що вона може описати природу оптичних ілюзій, які спостерігаються як у природі так і у повсякденному житті.

## II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

На сьогодні, деякі оптичні ілюзії навіть стали елементами декору людської оселі завдяки своїй загадковості і привабливості. Варто зауважити, що в даній роботі мова буде йти про ефекти, які описуються законами саме геометричної оптики, тому що основним елементом дослідження є дзеркало [2].

З'ясуємо природу оптичних ілюзій. Говорячи просто — це оптичний «обман» мозку [3]. Око бачить зображення одного об'єкта, проте мозок розуміє цей об'єкт «по-своєму». Коли орган зору отримує зображення, залучається велика кількість процесів у мозку. Людина аналізує цей процес, як комп'ютер, зокрема, аналізується розташування основних граней і кутів, структур кольору або позицій джерел світла. У більшості випадків цей аналіз є неточним.

Існують різні види оптичних ілюзій, наприклад, ілюзії сприйняття кольору: об'єкти зображені таким

чином, що мозок «сприймає» так, ніби вони мають різні відтінки, кольори; ілюзії сприйняття глибини. Їх сприйняття залежить від напрямку зовнішнього освітлення, а мозок несвідомо бачить випуклі або ввігнуті малюнки. Цікавими є ілюзії руху, коли статичний нерухомий малюнок починає рухатись, та перевернуті зображення — ілюзії, при яких вигляд зображення залежить від напрямку погляду; парейдолічні ілюзії — це ілюзорне сприйняття реального об'єкта, яке виникає при сприйнятті звичайних об'єктів. Наприклад, споглядаючи на хмари, можна побачити фантастичні пейзажі, обличчя людей і звірів [4]

Спеціально для цієї роботи ми сконструювали пристрій, здатний продемонструвати ілюзію сприйняття глибини (нескінченного коридору світлодіодів), яка є досить цікавою з точки зору фізики і, на наш погляд -- привабливою. Ідея різновидів такого пристрою в різних формах може бути знайдена в мережі Internet і у більшості випадків називається авторами «дзеркало нескінченності» [5]. Такою ж назвою створеного нами об'єкта ми будемо користуватися у подальшому.

## III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Для розробки дзеркала нескінченності (рис. 1) нам знадобилися: прямокутне дзеркало, скло такого ж розміру та форми, світловідбиваюча плівка, світлодіодна стрічка, та П-подібний короб. Спочатку ми наклеїли плівку на скло. Потім вирізали з короба частину, що повторювала розміри та форму дзеркала. За допомогою клейкої стрічки приклеїли короб (2) до дзеркала. Світлодіодну стрічку (1) ми розмістили у внутрішній частині короба. Так як вона має клейку основу, проблем з цим не виникло. Зверху на отриману конструкцію ми приклеїли скло з плівкою (3). Замість скла можна також використати напівпрозоре дзеркало. Це навіть і краще, але знайти таке дзеркало досить складно, і ми вирішили скористатися іншим варіантом. Розглянемо принцип дії нашої установки, але спочатку опишемо сам принцип ходу променів, відбитих від дзеркала( у нашому випадку від скла з плівкою). Він є простим, якщо застосовувати закони геометричної оптики, не враховуючи хвильову природу світла. Нехай

промінь світла падає на ідеальну плоску дзеркальну поверхню, яка цілковито відбиває все падаюче на неї світло, під деяким кутом до нормалі (перпендикуляру), проведеної до поверхні в точці падіння променя на дзеркало.

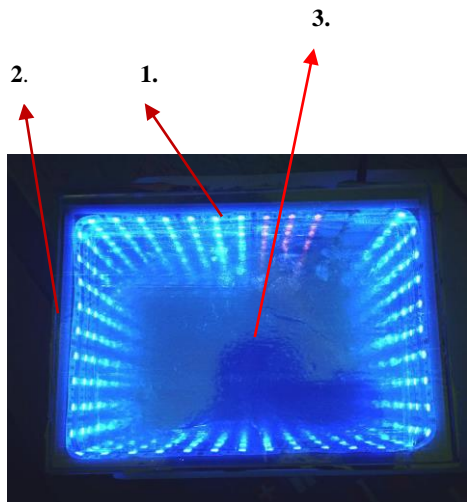


Рис. 1. Дзеркало нескінченності

Нехай промінь світла падає на ідеальну плоску дзеркальну поверхню, яка цілковито відбиває все падаюче на неї світло, під деяким кутом до нормалі (перпендикуляру), проведеної до поверхні в точці падіння променя на дзеркало. Тоді відбитий промінь буде лежати в площині, утвореній падаючим променем і нормаллю до поверхні, а кут, утворений відбитим променем і нормаллю, буде дорівнювати куту падіння. Промінь, що падає на дзеркало під прямим кутом до площини дзеркала, відіб'ється сам в себе.

У нашому експерименті шлях променя не закінчується простим відбиванням від дзеркала. Після відбивання від скла з плівкою промінь потрапляє на інше дзеркало, розташоване напроти скла (рис.2) і принцип повторюється знову і знову.

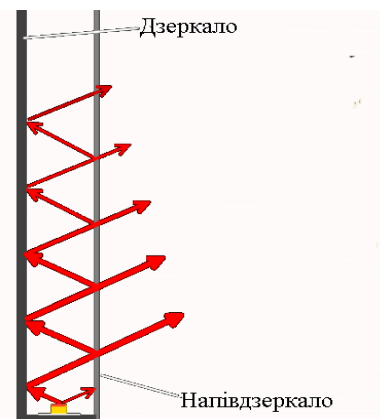


Рис. 2. Принцип дії дзеркала нескінченності

Тобто, за рахунок багаторазового відбивання світла між дзеркалами і спостерігається нескінченний вигнутий коридор. Промені блукають між дзеркалами, утворюючи нескінченну послідовність відбивань. Завдяки цьому і утворюється наш ефект нескінченності.

#### IV. ВИСНОВКИ

В статті розглядаються оптичні ілюзії, а саме — ілюзія сприйняття глибини, яка відтворюється за допомогою дзеркала нескінченності. Також розглядається принцип дії цього дзеркала з точки зору фізики. Дана установка може використовуватися як елемент декору, або зразок для набуття знань щодо геометричної оптики.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Кучерук І. М. Загальний курс фізики: Навчальний посібник у 3-х т. Т.3: Оптика. Квантова фізика / І. М. Кучерук, І. Т. Горбачук, П. П. Луцик // За ред. І. М. Кучерука – К.: Техніка, 2006. – 518 с.
- [2] Загальна фізика у прикладах, запитаннях і відповідях. Оптика : навчальний посібник / В. Ф. Коваленко, І. М. Халімонова, Н. П. Харченко та ін. – К.: Вид.-полігр. центр «Київський університет», 2012. – 447 с.
- [3] Optische Tauschungen und Illusionen [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.panoptikum.net/optischetauschungen/>. – Названіє с екрана.
- [4] Парейдолические иллюзии [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://plyk.ru/publ/parejdolicheskie-illyuzii/>. – Названіє с екрана.
- [5] Бесконечное зеркало своими руками [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://youtu.be/BdXLlr3L5S8>. – Названіє с екрана.



# Фізичні аспекти функціонування безпілотного літального апарату типу квадрокоптер

Іванов К. Д.  
Науковий керівник Сліпухіна І. А.  
Кафедра аеронавігаційних систем  
Інститут аеронавігації, електроніки та телекомунікацій  
Національний авіаційний університет  
Київ, Україна  
[ivanovkostiaua@gmail.com](mailto:ivanovkostiaua@gmail.com)

Іщенко О. М.  
Науковий керівник Сліпухіна І. А.  
Кафедра аеронавігаційних систем  
Інститут аеронавігації, електроніки та телекомунікацій  
Національний авіаційний університет  
Київ, Україна  
[ksusha240699@gmail.com](mailto:ksusha240699@gmail.com)

Артюхова І.С.  
Науковий керівник Сліпухіна І. А.  
Кафедра аеронавігаційних систем  
Інститут аеронавігації, електроніки та телекомунікацій  
Національний авіаційний університет  
Київ, Україна  
[artis590@ukr.net](mailto:artis590@ukr.net)

**Анотація** – робота присвячена з'ясуванню фізичних засад польоту безпілотного літального апарату типу квадрокоптер. Досліджено його функціональні особливості. З'ясовано технологію збирання даного пристрою і керування його польотом.

**Ключові слова** – безпілотний літальний апарат, дрон, квадрокоптер.

## I. ВСТУП

Нині сфера використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) доволі широка – від прогнозування надзвичайних ситуацій, контролю державних кордонів, моніторингу дорожньої ситуації, до проведення атмосферних і метеорологічних спостережень, запобігання несанкціонованим вирубок лісу та браконьєрству в національних парках і заповідниках. Їх можна використовувати для оперативного або цілодобового моніторингу стану технологічних об'єктів, автомобільних і залізничних доріг, аеропортів і морських портів, трубопроводів. Очевидно, що через декілька років дрони будуть використовуватися для швидкої доставки різних товарів. БПЛА масово застосовуються також у військовій справі, в першу чергу, для ведення повітряної розвідки — як тактичної, так і стратегічної. Крім того, невійськові дрони застосовуються для розв'язання широкого кола завдань, виконання яких пілотованими літальними апаратами з різних причин є недоцільним. Розробники пропонують БПЛА як для потреб цивільного використання, так і для структур, що займаються забезпеченням національної безпеки держави.[3]

## II. ПОСТАНОВА ПРОБЛЕМИ

Наведемо короткий опис основних блоків квадрокоптера. Основним показником безколекторного *електродвигуна* є його  $k_v$  — кількість обертів за хвилину на одиницю напруги (В). Пристрої з  $k_v$  ближче до 1000 варто встановлювати на невеликі моделі вагою в декілька кілограмів

*Регулятор обертів* контролює роботу двигунів. Як відомо, безколекторні двигуни є трифазними, тобто для їх живлення

потрібен змінний струм. Завдання регулятора полягає в тому, щоб передати енергію постійного струму акумулятора 3-фазному двигуну. При виборі цього електронного вузла також варто враховувати особливості двигунів: якщо вони розраховані на струм до 30 А, то і регулятор повинен мати подібні характеристики, щоб уникнути перегрівання.

*Польотний контролер* – це невелика плата, яка відповідає за швидкість обертання гвинтів та інші завдання. У загальному розумінні даний пристрій виконує зчитування показань різних датчиків і каналів керування, опрацювання отриманої інформації та видачу керуючих сигналів двигунам.

Існує величезна кількість *акумуляторних батарей*, які відрізняються між собою за показниками напруги, ємності, кількості банок та габаритів. Для того, щоб забезпечити свою модель максимальною продуктивністю, необхідно правильно підібрати АКБ, а також не забути про зарядний пристрій до неї. Оптимальним варіантом для створення квадрокоптера 500 класу, наприклад, буде акумулятор LiPo 3S з ємністю 3300 мАг (міліампер на годину).

Щоб успішно керувати с квадрокоптером, необхідна якісна *апаратура керування* як мінімум з чотирма каналами (4CH). У цьому випадку можна керувати параметрами газу, крену, тангажу та ризику. Для реалізації конструкції квадрокоптера з більш широкими можливостями була обрана апаратура з 6-ма каналами, що дало доступ до різних режимів польоту, контроль над нахилом і поворотом бортової відеокамери тощо.

## III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Спостереження за польотом квадрокоптера створює потребу у з'ясуванні фізичних засад функціонування дрона. На рис.1 позначено основний принцип польоту квадрокоптера. Квадрокоптери мають 4 гвинтів з постійним кутами атаки, кожен з яких приводиться в рух власним двигуном. Половина гвинтів обертається за годинниковою стрілкою, половина — в протилежному напрямку, взаємно компенсуючи обертання апарату навколо вертикальної осі. Квадрокоптер маневрує шляхом зміни швидкості обертання гвинтів. Наприклад: збільшити оберти всіх гвинтів — вертикальний підйом; збільшити оберти з одного боку і зменшити з іншого — рух у

бік; збільшити оберти, що обертаються за годинниковою стрілкою, і зменшити що обертаються проти — поворот.[1]

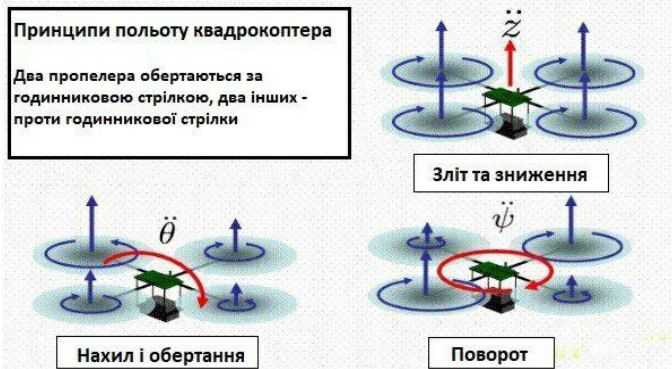


Рис. 1

Для побудови дрона було використано такі запчастини: 1) рама S500 2) 4 регулятори обертів 3) контролер польоту; 4) антена GPS з компасом; 5) набір гвинтів; 6) безколекторні двигуни 920kv; 7) апаратура керування; 8) трьохпроводні шлейфи; 9) акумулятор; 10) модуль живлення.

Спершу проводилась збірка рами, а після – монтаж на раму двигунів, по 4 гвинта на двигун. Додатково використовувався фіксатор, тому що в процесі експлуатації з'ясувалося, що через вібрації гвинти мають властивість відкручуватися. Іноді – навіть в польоті, що доволі небезпечно. Наступний крок – установка регуляторів обертів на промені квадрокоптера, щоб вони краще трималися, використовувалась ізолянта чорного кольору.

Потім було здійснено підключення регулятора до мотору. При установці регулятора не варто відразу сильно фіксувати дроти, тому що в процесі остаточного налаштування дрона може знадобитися зміна напрямку обертання одного або декількох моторів. Зробити це просто, треба поміняти місцями два будь-яких дроти з трьох.

Далі на раму встановлюється польотний контролер. Від того, наскільки правильно буде встановлений контролер, залежить плавність і точність польоту. Справа в тому, що в контролері багато різних датчиків і тому необхідно по максимуму виключити на них вплив ззовні. Для нормальної роботи гіроскопа і акселерометра контролер повинен встановлюватися на антивібраційних площадках. Також не треба забувати, що стрілка на контролері повинна дивитися на «ніс» дрона

Далі було встановлено антену GPS, яка містить в собі компас, саме тому її треба встановлювати на деякій відстані від дрона, щоб мінімізувати вплив електромагнітного поля на компас.

Було підключено приймач до польотного контролера. Як правило канали йдуть в наступній послідовності: 1 канал – елерони (aileron) – це канал, який відповідає за напрямок вліво-вправо; 2 канал – елеватор (elevator) – це канал, який відповідає за рух вперед-назад; 3 канал – газ (throttle) – це канал зльоту, посадки, зміни висоти; 4 канал – нишпорення (rudder) – цей канал дозволяє обертати квадрокоптер навколо вертикальної осі.

З'ясовано, що регулятори припаюються до плати розводки і підключаються до польотного контролера.

На рис. 2 наведено схему підключення всіх основних компонентів квадрокоптера.

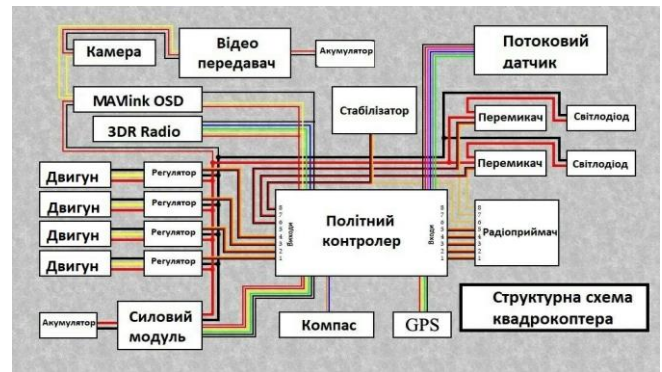


Рис. 2

На рис.3 наведено світліну зібраного нами квадрокоптера.



Рис. 3

#### IV. ВИСНОВКИ

В ході виконання проекту була реалізована мета, пов'язана з конструюванням квадрокоптера – сучасного перспективного професійного, наукового, побутового гаджета, придатного для виконання широкого спектру завдань. Було з'ясовано, що застосування БПЛА набагато дешевше ніж пілотовані літальні апарати, тому що вони використовують менше палива і для них не потрібен екіпаж. Якщо в квадрокоптері виникла якась несправність, на заміну деталей витратиться менше коштів, ніж на налагодження великого літака. Ще одна причина популярності використання БПЛА – для посадки квадрокоптера не потрібен великий аеродром зі злітно-посадковою смугою, а буде достатньо маленького клаптика землі з ґрунтовим покриттям. Впровадження БПЛА стрімко розвивається і вони займають важливе місце в аерознімальних процесах та у багатьох сферах діяльності.[2]

#### Список використаних джерел

- [1] Проценко М.М. Аналіз структури та варіантів побудови безпілотних авіаційних комплексів / Проценко М.М. // Вісник ЖДТУ Вісник ЖДТУ. – № 2.
- [2] [Електронний ресурс] Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). – Режим доступу: URL: [fly-photo.ru/primenenje-bpla.html]
- [3] Галушко С. Беспилотные летательные аппараты кардинально изменят облик авиации будущего [Електронний ресурс] / Галушко С. // Авиапанорама – 2005. – № 4. – Режим доступу: URL: http://aviapanorama.narod.ru/journal/2005\_4/bpla.html