

СИНТЕЗ КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ СИСТЕМ ЗАПУСКУ БПЛА

Артем Швець

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7637-9143>

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро

Ігор Білоцерковський

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5102-7864>

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро

Олексій Кулик

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2913-4462>

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро

Олександр Добродомов

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-9926-6638>

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро

Вступ

Сучасний розвиток безпілотних літальних апаратів (БПЛА) відзначається значним прогресом у технологіях, що відкриває нові можливості для їх використання як у військових, так і в цивільних цілях. Використання передових систем штучного інтелекту, вдосконалених навігаційних технологій та інновацій у сфері енергетичної ефективності дозволяє підвищити автономність і продуктивність БПЛА. У військовій сфері ці апарати виконують розвідувальні та ударні функції, а також забезпечують логістичну підтримку. У цивільному секторі вони знаходять застосування в сільському господарстві, інфраструктурному моніторингу, доставці товарів та рятувальних операціях. [1]

Однією з ключових проблем, що виникають при проектуванні БПЛА, є забезпечення ефективного початкового розгону для зльоту. Ця проблема особливо актуальна для дронів з фіксованими крилами, які потребують значної швидкості для підйому в повітря. Відсутність достатнього простору для розгону на обмежених або складних місцевостях, а також необхідність спеціалізованого обладнання, такого як катапульти або запуск з рук, створюють технічні та логістичні виклики. Ефективне вирішення цієї проблеми є критично важливим для розширення можливостей використання БПЛА в різних умовах та для забезпечення їхньої автономності і надійності [2]

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

У БПЛА використовуються різні типи двигунів залежно від їхнього розміру, ваги, призначення та необхідних характеристик польоту. Одним із основних типів є електродвигуни. Безщіткові електродвигуни широко застосовуються в малих і середніх дронах завдяки їх високій ефективності, надійності та тривалому терміну служби. Вони забезпечують високу швидкість обертання і хорошу керованість, що важливо для стабільного польоту. Щіткові електродвигуни зустрічаються рідше через меншу ефективність і знос щіток, але можуть бути використані в деяких недорогих або аматорських моделях БПЛА. [3]



Рисунок 1 – Лелека-100 - український безпілотний літальний апарат, призначений для ведення розвідки [4]

Іншим типом двигунів є двигуни внутрішнього згоряння. Поршневі двигуни використовуються в більших і важчих БПЛА, які потребують тривалих польотів і значної вантажопідйомності. Вони забезпечують велику потужність і довший час роботи в порівнянні з електродвигунами, проте є більш складними в обслуговуванні і експлуатації. Турбогвинтові двигуни застосовуються в важких і високошвидкісних безпілотах. Ці двигуни забезпечують високу потужність і ефективність на великих висотах і швидкостях, але мають складнішу конструкцію і вищі витрати на експлуатацію. [5]



Рисунок 2 – Байрактар ТБ2 — турецький ударний оперативно-тактичний середньовисотний безпілотний літальний апарат [6]

У деяких випадках використовуються реактивні двигуни. Турбореактивні двигуни застосовуються в швидкісних та висотних БПЛА, які виконують завдання, що потребують швидкого переміщення на великі відстані. Ці двигуни забезпечують велику швидкість, але споживають багато палива і вимагають складного технічного обслуговування. Турбовентиляторні двигуни використовуються в деяких важких БПЛА, що потребують ефективного поєднання швидкості та витрат палива. Вони є ефективнішими на великих швидкостях і висотах, ніж турбореактивні двигуни. [7]



Рисунок 3 – Ту-141 «Стриж» — багаторазовий оперативно-тактичний розвідувальний безпілотний літальний апарат [8]

Початковий розгін для БПЛА необхідний через кілька ключових причин, які стосуються аеродинаміки, конструкції та ефективності зльоту. По-перше, для того щоб БПЛА міг піднятися в повітря, йому потрібно досягти певної швидкості, при якій підйомна сила, створювана крилами або іншими аеродинамічними поверхнями, перевищить його вагу. Без достатньої швидкості підйомна сила буде недостатньою для відриву від землі. По-друге, початковий розгін забезпечує стабільність і керованість БПЛА під час зльоту. На низьких швидкостях апарат може бути нестабільним і важким для контролю, що може призвести до аварій або небезпечних ситуацій. Досягнення необхідної швидкості до зльоту дозволяє зменшити навантаження на двигун, оскільки він не повинен працювати на максимальній потужності з самого початку польоту. Це може продовжити термін служби двигуна і покращити загальну ефективність апарата.

Також початковий розгін допомагає оптимізувати витрати палива або енергії, оскільки двигун працює в більш ефективному режимі при досягненні потрібної швидкості, а не при максимальному навантаженні з самого початку. Початковий розгін дозволяє БПЛА швидше досягти безпечної висоти і уникнути можливих перешкод на землі, таких як дерева, будівлі або інші об'єкти.

Потреба у початковому розгоні особливо актуальна для БПЛА з

фіксованими крилами, які не можуть створювати підйомну силу на низьких швидкостях, як це роблять вертольоти або дрони з вертикальним зльотом і посадкою. Для таких апаратів важливо мати достатній простір для розгону або використовувати спеціальні механізми, такі як катапульти або пускові платформи, щоб забезпечити необхідну швидкість для безпечного зльоту.

РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ

Розгін безпілотних літальних апаратів здійснюється за допомогою різних технічних рішень, які враховують конструктивні особливості апаратів і умови їх експлуатації. Одним із основних методів є використання катапульта, які забезпечують швидкий розгін на коротких дистанціях і можуть бути механічними, гідравлічними або пневматичними. Це особливо корисно в умовах обмеженого простору. Злітні платформи також широко застосовуються, забезпечуючи необхідну довжину розгону для БПЛА, особливо на кораблях або в польових умовах.

Для невеликих і легких БПЛА можливий ручний запуск, коли оператор кидає апарат у повітря, дозволяючи двигунам швидко розігнати його до потрібної швидкості. Ще один метод - рейкові системи, які використовують довгі рейки для плавного і контрольованого розгону, можуть бути механічними або магнітними. Вони дозволяють досягти високих швидкостей без різких поштовхів.

БПЛА, обладнані гвинтами або роторами для вертикального зльоту і посадки, можуть злітати вертикально, що усуває потребу в довгих розгінних смугах і забезпечує гнучкість у виборі місця старту. Великі і важкі БПЛА можуть використовувати ракетні прискорювачі для дуже швидкого і потужного розгону, після чого апарат продовжує політ за допомогою основних двигунів. Крім того, для невеликих дронів можуть використовуватися еластичні троси або банджі-стартери, які натягуються і різко відпускаються, надаючи початкову швидкість апарату.

Кожне з цих технічних рішень має свої переваги і недоліки, і вибір конкретного методу залежить від типу БПЛА, його ваги, конструктивних особливостей, умов експлуатації та вимог до місії.

Ракетний старт для безпілотних літальних апаратів БПЛА є високоефективним та швидким способом надання початкового розгону апаратам, особливо великим і важким моделям. Цей метод використовує ракетні прискорювачі для надання потрібної початкової швидкості, після чого БПЛА переходить до роботи власного двигуна для подальшого польоту.



Рисунок 4 – Ту-141 «Стриж» — запуск за допомогою твердопаливного прискорювача [9]

Ракетний старт має кілька переваг, серед яких висока швидкість розгону, незалежність від місця злітно-посадкової смуги, підвищена безпека завдяки підйому під високим кутом, та можливість надати додаткову потужність для розгону важких апаратів.

Процес ракетного старту включає підготовку і запуск ракетного прискорювача, після чого БПЛА переходить на роботу власного двигуна для подальшого польоту. Цей метод застосовується в основному для важких і великих БПЛА, таких як військові дрони або апарати для наукових досліджень. Однак він може бути складним у виконанні і вимагає деякої експертизи в області ракетної технології та безпеки.

При прикріпленні тяги ракетного прискорювача до каркасу БПЛА доцільно враховувати кілька важливих факторів:

Центр тяжіння: тяга прискорювача повинна бути прикріплена таким чином, щоб не порушувати баланс та стабільність БПЛА. Це важливо, щоб уникнути виникнення небажаних кутових або лінійних рухів під час старту.

Міцність каркасу: точки прикріплення тяги повинні бути достатньо міцними, щоб витримати силу тяги, що виникає під час старту. При виборі точок кріплення важливо враховувати конструктивні особливості каркасу та матеріали, з яких він виготовлений.

Рівномірний розподіл навантаження: тяга прискорювача повинна бути рівномірно розподілена по всій конструкції БПЛА, щоб уникнути виникнення зайвого навантаження на окремі частини або елементи каркасу [5].

Зручність обслуговування: точки кріплення мають бути доступними для монтажу та обслуговування тягового прискорювача. Це допоможе забезпечити ефективність та зручність в роботі з БПЛА перед та після старту.

Враховуючи ці фактори, оптимальні точки кріплення тяги прискорювача можуть знаходитися у місцях, які забезпечують міцне з'єднання з каркасом БПЛА та рівномірний розподіл навантаження на конструкцію.

Схеми кріплення твердопаливного прискорювача БПЛА можуть бути різноманітними і залежать від конкретної конструкції апарата та його вимог до старту. Прискорювач може бути закріплений центрально, у центрі мас апарата. Це забезпечує рівномірний розподіл тяги та навантаження на всі аеродинамічні поверхні апарата. Якщо конструкція БПЛА не дозволяє застосовувати такий метод, використовують косі сопла, щоб вектор тяги був направлений до центру мас. Бувають випадки, коли кріплення прискорювача напряму до БПЛА неможливе через особливості конструкції, в таких випадках доцільно використовувати окремі допоміжні конструкції, на яких закріплений прискорювач.

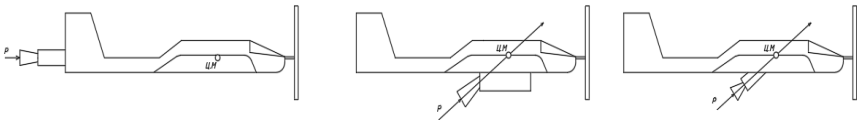


Рисунок 5 – Різновиди кріплення твердопаливних прискорювачів

ВИСНОВОК

Отже, використання твердопаливного прискорювача для старту БПЛА може бути дієвим та доцільним з технічних та експлуатаційних поглядів. Твердопаливні прискорювачі забезпечують швидкий і потужний розгін, що дозволяє БПЛА швидко підніматися в повітря навіть при значній масі або умовах, коли потрібно швидко реагувати на ситуацію. Вони можуть бути ефективними для різних застосувань, таких як військові місії, наукові дослідження або комерційні завдання. Однак необхідно враховувати технічні складнощі та вимоги до безпеки при роботі з ракетними системами, а також витрати на їх розробку, виготовлення та експлуатацію. У кожному конкретному випадку доцільність використання твердопаливного прискорювача потрібно оцінювати з урахуванням специфіки проекту, місії та доступних технічних засобів.

ПОСИЛАННЯ

1. Даник, Ю. Г. (2008). Безпілотні літальні апарати: означення. Класифікація, стан та перспективи розвитку і використання. *Космічна наука і технологія*, 1, 30-43.

2. Осипов, Ю. М., & Орлов, С. В. (2015). Старт лёгких беспилотных летательных аппаратов. *Системы озброєння і військова техніка*, (3), 116-119.

3. Довбиш, І. О., Муравйов, О. В., Галаган, Р. М., Богдан, Г. А., & Момот, А. С. (2023). Силові установки та джерела енергії сучасних БПЛА.

4. Фокус, Р. (2023, 13 лютого). *Десятая "Лелека-100" отправилась бить оккупантов: на что способен наш БПЛА (видео)*. ФОКУС. <https://focus.ua/digital/549667-desyataya-leleka-100-otpravilas-bit-okkupantov-na-chto-sposoben-nash-bpla-video>

5. Ukrinform. (2023, 27 жовтня). *Безпілотник Bayraktar TB3 пройшов тест на швидкість руху*. Укрінформ - актуальні новини України та світу. <https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/3779405-bezpilotnik-bayraktar-tb3-projsov-test-na-svidkist-ruhu.html>

6. Середа, В. (2010). Класифікація законів розподілу тяги зусилля наземних пускових установок безпілотних літальних апаратів. *Авіаційно-космічна техніка и технологія*, 4(71), 63–66.

7. Andrei, I. C., Stroe, G. L., Berbente, S., Prisacariu, V., Costea, E., Popescu, I., & Ioan, O. (2023). Risk management applied to aerospace engineering design. ISSN, ISSN-L: 2247-3173, 113.

8. *Tu-141 "Стриж" Defense Express*. (2023, 7 лютого). Військовий портал Defense Express - все про військову справу. https://defence-ua.com/weapon_and_tech/ostatochno_pidtverdzheno_zsu_z_arhajichnih_tu_141_strizh_zrobili_zbrojeju_dlja_udariv_po_objektam_bilja_moskvi-10559.html

9. Залата, О. (2023, 21 серпня). *"Бобри" замість ракет: які небезпечні ударні дрони має Україна і на що вони здатні (відео)*. ФОКУС. <https://focus.ua/uk/digital/587087-bobri-zamist-raket-yaki-nebezpechni-udarni-droni-maye-ukrajina-i-na-shcho-voni-zdatni-video>