

Особливості побудови тривимірних моделей реальних гвинтів квадрокоптерів

Українська державна льотна академія, м. Кропивницький, Україна

Розвиток технологій спричинив широке поширення безпілотних літальних апаратів (БПЛА) завдяки їх мобільності, автономності та широкому спектру потенційного застосування. Одним з ключових компонентів БПЛА, що впливає на їх технічні та експлуатаційні характеристики, є гвинти. **Предметом** дослідження є визначення оптимальних параметрів гвинтів, що сприятимуть підвищенню ефективності БПЛА, збільшенню їхньої дальності польоту, маневреності та зменшенню енергоспоживання. **Об'єктом** дослідження є гвинти безпілотних літальних апаратів. **Метою** роботи є процес створення тривимірних моделей на основі пропелера HQProp V1S 7x3,5x3, який є одним із найефективніших серед аналогів. Для проведення аналізу **використано різні методи** зняття розмірів, зокрема метод майстер-моделі та метод оболонки. Було побудовано кілька варіантів тривимірних моделей пропелера, які порівняно між собою за геометричними параметрами та аеродинамічними характеристиками. Особливу увагу приділено точності вимірювань та відтворенню складної геометрії лопатей, оскільки навіть незначні відхилення можуть впливати на аеродинамічні властивості пропелера. **Результати дослідження** свідчать про значні відмінності між моделями, отриманими зі спеціалізованих інтернет-ресурсів та моделями, побудованими на основі реальних вимірювань. Це підтверджує необхідність ретельного аналізу геометрії пропелерів перед їх використанням у розрахунках та проектуванні. Крім того, аналіз отриманих моделей дозволяє оцінити вплив геометричних особливостей на ефективність роботи гвинта, зокрема на створення підйомної сили, рівень шуму та стійкість до механічних навантажень. **Наукова новизна та практична значимість** проведених досліджень. Отримано нові тривимірні моделі реальних гвинтів квадрокоптерів на прикладі семи дюймового гвинта HQProp V1S 7x3,5x3. 3D моделі можуть бути використані для вдосконалення конструкції гвинтів БПЛА, що сприятиме підвищенню їх аеродинамічної ефективності та експлуатаційних характеристик. Зокрема, подальші дослідження можуть бути спрямовані на оптимізацію профілю лопатей, вибір матеріалів з покращеними механічними властивостями та розробку нових конструкцій пропелерів для досягнення максимальних аеродинамічних характеристик. Це, у свою чергу, може зробити безпілотні літальні апарати ще ефективнішими та більш адаптованими до конкретних умов експлуатації.

Ключові слова: безпілотні літальні апарати; гвинти квадрокоптерів; зняття розмірів з реальних гвинтів; аеродинамічні профілі; 3D моделювання гвинтів квадрокоптерів; порівняння 3D моделей гвинтів квадрокоптерів.

Вступ

Широке поширення безпілотних літальних апаратів (БПЛА) є наслідком розвитку технологій. БПЛА застосовуються майже в усіх сферах народного господарства [1]. Технічні характеристики БПЛА залежать від вузлів і обладнання, яке використовується для їх збірки. До них відносять: потужність двигунів, ємність акумуляторів, параметри контролерів, якість програмного забезпечення і багато іншого. Ми сконцентрували свою увагу на вдосконаленні гвинтів, оскільки саме вони значною мірою визначають підйомну силу, швидкість пересування, економічність і навіть шумові ефекти літального апарату [2]. Саме за рахунок гвинта (точніше аеродинамічних профілів, на основі яких побудована поверхня) і набуваються основні його льотні характеристики [3,4].

1. Постановка задачі дослідження

Найбільш розповсюдженими є БПЛА малого типу з чотирма двигунами і пропелерами діаметром 7 дюймів. Саме для таких гвинтів було вирішено проводити дослідження їх ефективності.

Одним із українських аматорів були проведені дослідження цілої низки пропелерів, для яких було виконано заміри по різним параметрам (фрагмент таких замірів представлено в таблицях 1 і 2) [5].

Максимальна тяга різних пропелерів для однакових двигунів із однаковою потужністю наведена на рис. 1 [5].

Таблиця 1

Результат замірів пропелера HQProp V1S 7x3.5x3

Напруга	Тяга, г	HQProp 7x3.5x3				
		Струм, А	Потужність, W	Ефективність, g/W	PWM	°C
БЖ 22,2V	250	1,37	30	8,33	1243	39
	500	4,06	90	5,56	1399	46
	750	7,02	155	4,84	1489	56
	1000	10,44	231	4,33	1573	75
	1250	14,8	326	3,83	1660	
	1500	19,2	421	3,56	1741	105
6S Li-ion ≈24V	MAX	42,4	915	2,81	2000	117
2578 г						

Таблиця 2

Результат замірів пропелера AMM Prop 7x3.5x3

Напруга	Тяга, г	AMM Prop 7x3.5x3				
		Струм, А	Потужність, W	Ефективність, g/W	PWM	°C
БЖ 22,2V	250	1,96	43	5,81	1294	38
	500	4,4	97	5,15	1420	45
	750	7,06	156	4,81	1498	54
	1000	10,74	237	4,22	1585	69
	1250	14,43	317	3,94	1657	
	1500	19,9	437	3,43	1756	107
6S Li-ion ≈24V	MAX	41,6	896	2,77	2000	120+
2484 г						

З рисунку 1 видно, що найкраща тяга у гвинта HQProp V1S 7x3,5x3. Виходячи з інших параметрів, які було заміряно на практиці, саме цей пропелер має переваги над іншими пропелерами з таким саме кроком [5].

Тому за **об'єкт дослідження** було взято пропелер китайського виробництва HQProp V1S 7x3,5x3: діаметр 7 дюймів, крок 3,5 дюйми, налічує три лопаті, вага 8 грамів, виконаний із полікарбонату. Фотографія цього пропелера представлена на рис. 2.

Для проведення аеродинамічного аналізу пропелера необхідно визначити його розміри. Звичайно, що розміри пропелера, перенесені в тривимірний простір, є достатньою умовою для побудови 3D моделі.

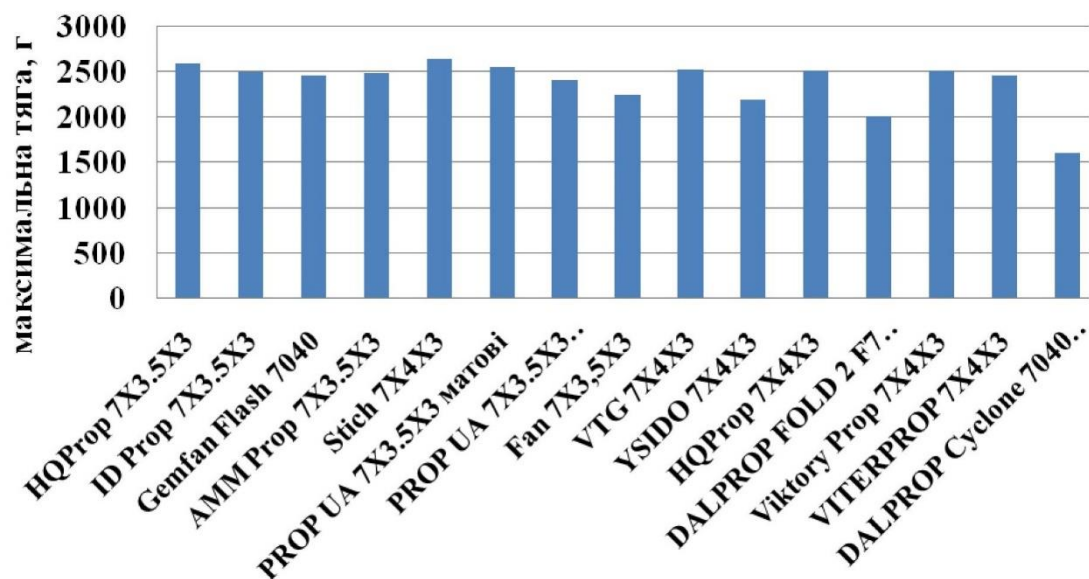


Рис. 1. Гістограма порівняння пропелерів 7 дюймів різних фірм виробників



Рис. 2. Фото реального пропелера HQProp V1S 7x3,5x3 (обертання за часовою стрілкою), вид зверху

Мета дослідження: показати процес отримання тривимірної моделі гвинтів квадрокоптерів на прикладі семи дюймового гвинта HQProp V1S 7x3,5x3. Сучасні програмні засоби дозволяють проводити аналіз і уточнювати проектування на тривимірних моделях. Побудування тривимірної моделі реального гвинта надасть змогу проводити в короткі терміни дослідження, які зазвичай дуже дорогі і тривалі за часом. Отримання тривимірної моделі включає два кроки: зняття розмірів і побудування тривимірного об'єкту у відповідності зі знятими розмірами.

2. Результати та обговорення

2.1 Зняття розмірів з реального гвинта

Процес отримання тривимірної моделі будь якого об'єкта обов'язково має включати зняття розмірів (оброзмірення). В сучасній техніці використовують різні способи зняття розмірів з об'єктів, зокрема: прямі ручні, опосередковані, автоматизовані, напіваавтоматизовані [6,7,8].

При побудові такого специфічного об'єкту як гвинт квадрокоптера отримання розмірів було проведено різними методами. Кожний метод показав свої недоліки і переваги. Найкращий результат було отримано за допомогою опосередкованого зняття розмірів. Перший із таких способів – метод оболонки. Було створено оболонку, розрізаючи яку під різними кутами можна було проводити зняття розмірів гвинта в складних місцях із задовільною точністю. Другий спосіб – використання майстер-моделі. Було створено форму, в якій в подальшому виконано майстер-модель реального гвинта. І також, розрізаючи створену майстер-модель під різними кутами, можна було проводити зняття розмірів гвинта в складних місцях. Такі способи дозволяли не руйнувати оригінальний об'єкт та при дотриманні певних технологічних умов можна було отримати досить точні виміри. Вартість використання таких способів для зняття розмірів реального гвинта виявилась дешевшою, ніж використання промислового тривимірного сканера.

2.2 Побудова тривимірної моделі пропелера

Перший варіант моделі. В мережі інтернет є готова тривимірна модель, яку позиціонують як модель, що повторює розміри HQProp V1S 7x3,5x3 (рис. 3). Файл моделі – HQ V1S 7inch.step розташовано на спеціалізованому сайті тривимірних моделей GrabCAD фірми Stratasys Inc. [9].



Рис. 3. Вигляд моделі з файлу HQ V1S 7inch.step

Звісно, що всі моделі з мережі інтернет потребують перевірки. Тому лопать було поділено на розрізи із кроком 10 міліметрів (рис. 4) для отримання контурів аеродинамічних профілів (рис. 5, 6).

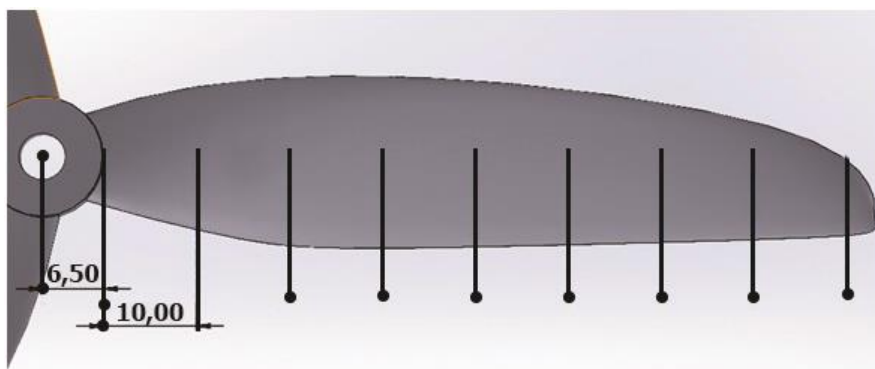


Рис. 4. Площини поділення лопаті 3D моделі з файлу HQ V1S 7inch.step

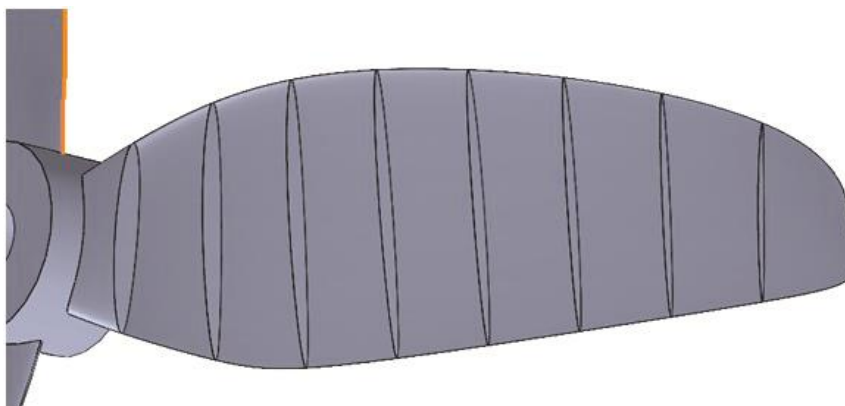


Рис. 5. Поділення лопаті 3D моделі з файлу HQ V1S 7inch.step

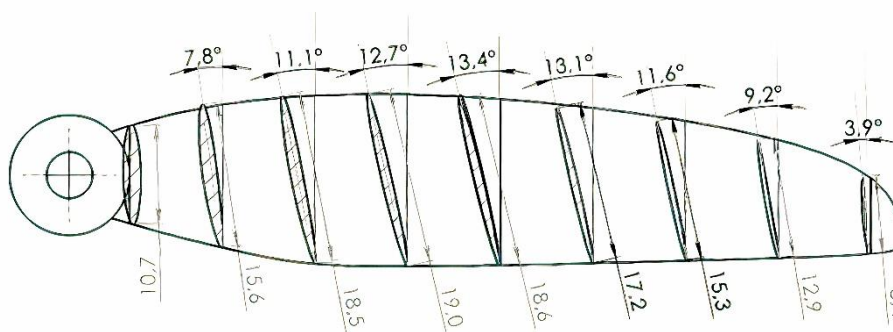


Рис. 6. Поділення лопаті 3D моделі з файлу HQ V1S 7inch.step

З розрізів отримали аеродинамічний профіль (рис. 7).

За каталогом NACA [10], де розташовано більше 1600 аеродинамічних профілів, можна знайти найближчий аеродинамічний профіль вказаному на рисунку 7. І йому відповідають, наприклад, HQ 0/9 AIRFOIL (hq09-il), NACA 0012-34 (naca001234-il).



Рис. 7. Аеродинамічний профіль лопаті 3D моделі з файлу HQ V1S 7inch.step

Другий варіант моделі. Виробник пропелера HQProp V1S 7x3,5x3 зазначає, що при побудові лопаті використовувався аеродинамічний профіль SA7035 airfoil. На сайті NASA [10] було знайдено такий аеродинамічний профіль і отримано координати цього профілю. Фрагмент таблиці координат представлено на рис. 8. Профіль має наступний вигляд (рис. 9). З реальної моделі було з'ясовано кути нахилу аеродинамічних поверхонь, які було визначено через 10 мм (рис. 10). Після поєднання профілів в програмі об'ємного моделювання отримали 3D модель пропелера (рис. 11).

1	1.000000	0.000000	0
2	0.998150	0.000170	0
3	0.992650	0.000790	0
4	0.983670	0.001970	0
5	0.971380	0.003750	0
6	0.956000	0.006150	0
7	0.937770	0.009130	0
8	0.916890	0.012640	0
9	0.893590	0.016570	0
10	0.868060	0.020820	0
11	0.840490	0.025280	0
12	0.811060	0.029840	0
13	0.779930	0.034420	0
14	0.747270	0.038940	0
15	0.713260	0.043340	0
16	0.678100	0.047600	0

Рис. 8. Фрагмент координат аеродинамічного профілю SA7035 Airfoil

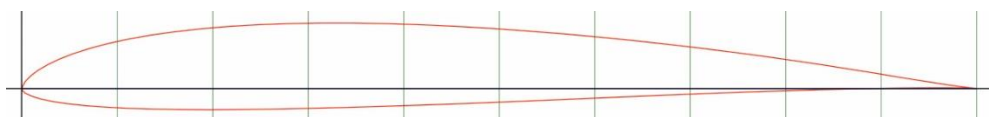


Рис. 9. Аеродинамічний профіль SA7035 Airfoil

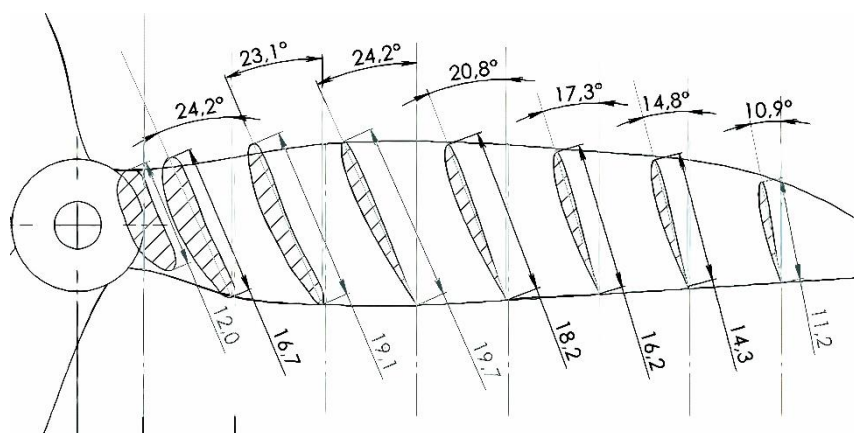


Рис. 10. Розміри розрізів і їх нахил для побудови лопаті з аеродинамічним профілем SA7035 Airfoil

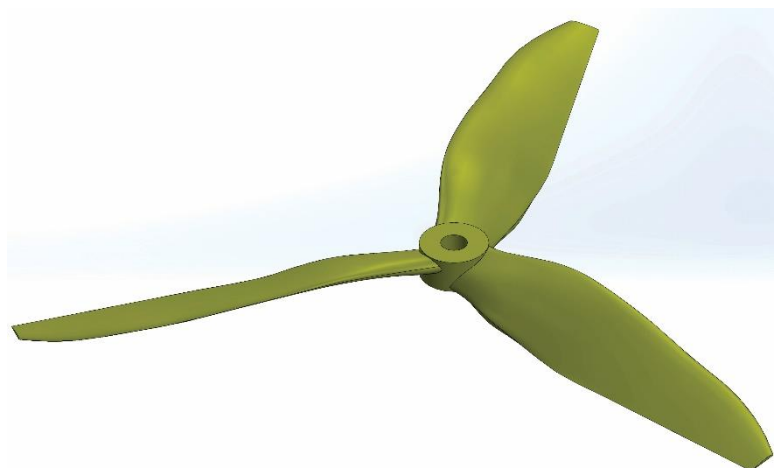


Рис. 11. Тривимірна модель пропелера побудована за аеродинамічним профілем SA7035 Airfoil

Побудована модель мала ряд недоліків, тому було прийнято рішення провести повне оброзмірення реального гвинта і на підставі отриманих розмірів побудувати тривимірну модель. В якості методів неруйнівного оброзмірення було використано метод майстер-моделі і метод оболонки. Для подальшого розгляду були обрані варіанти оброзмірення за номерами 5 і 7, саме на цих даних побудовані моделі, які розглядаються далі.

Третій варіант моделі. Модель, побудована за оброзміренням по майстер-моделі, була пронумерована як 05 HQ V1S 7in_01 (де 05 – метод використання оброзмірення; HQ – фірма виробник оригіналу; V1S – код виробу фірми виробника оригіналу; 7in – діаметр пропелера в дюймах; 01 – варіант побудови тривимірної моделі). Вигляд лопаті оригіналу під різними кутами (рис. 12-13).



Рис. 12. Вид лопаті оригінального пропелера HQProp V1S 7x3,5x3 зверху

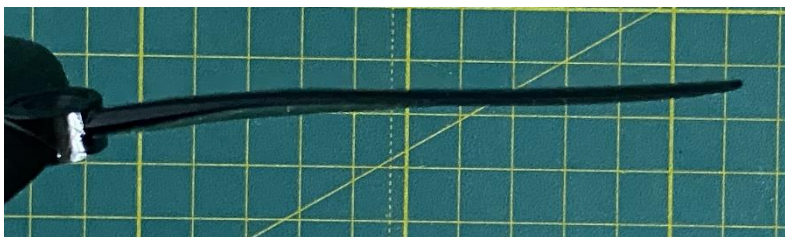


Рис. 13. Вид лопаті оригінального пропелера HQProp V1S 7x3,5x3 під кутом атаки

Проведення зняття розмірів виконувалося із кроком 10 мм (рис. 14).

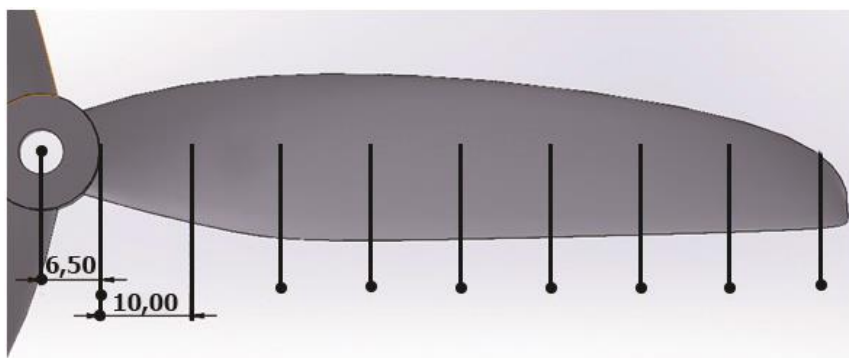


Рис. 14. Крок зняття розмірів для лопаті оригінального пропелера HQProp V1S 7x3,5x3

Результат зняття розмірів по розрізах представлено на рис. 15.

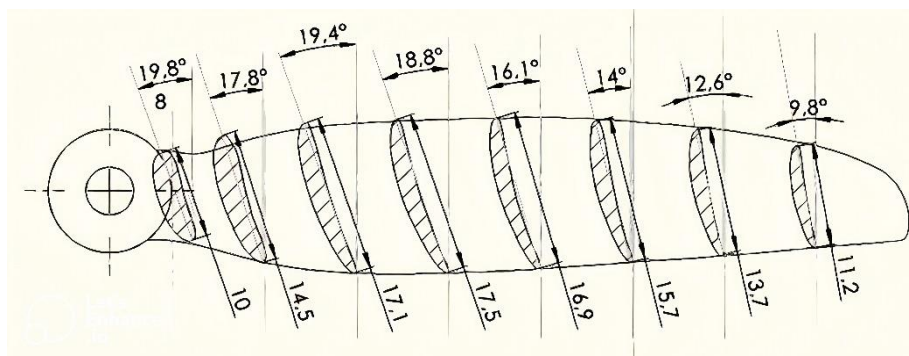


Рис.15. Аеродинамічні профілі для лопаті оригінального пропелера HQProp V1S 7x3,5x3 (за методом майстер-моделі)

В результаті оброзмірення було отримано аеродинамічний профіль представлений на рис. 16.

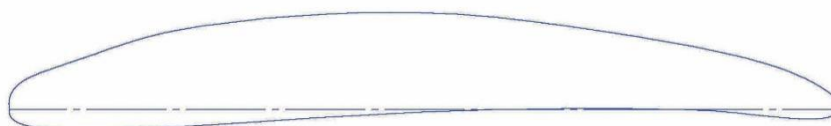


Рис. 16. Аеродинамічний профіль лопаті оригінального пропелера HQProp V1S 7x3,5x3 (за методом майстер-моделі)

Тоді модель лопаті було побудовано в тривимірному просторі (рис. 17) і така модель отримала кодування 05 HQ V1S 7in_01.

Повна модель пропелера 05 HQ V1S 7in_01 представлена на рис. 18.

Четвертий варіант моделі. Модель, побудована за оброзміренням по методу оболонки, була пронумерована як 07 HQ V1S 7in_03. Варіант оброзмірення №7, варіант побудови тривимірної моделі № 3. Кроки зняття розмірів для лопаті оригінального пропелера HQ V1S 7x3,5x3 такі саме, як показано на рис. 14.

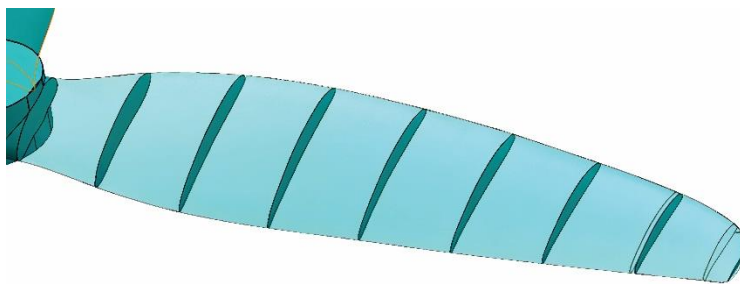


Рис. 17. Тривимірна модель лопаті 05 HQ V1S 7in_01



Рис. 18. Тривимірна модель пропелера 05 HQ V1S 7in_01

Результат зняття розмірів по розрізах представлено на рис. 19.

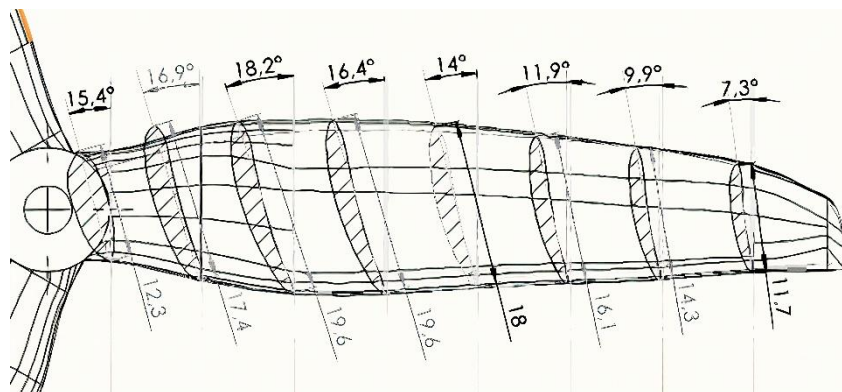


Рис. 19. Розміри розрізів і їх нахил отримані за методом оболонки.

В результаті оброзмірення було отримано аеродинамічний профіль представлений на рис. 20.

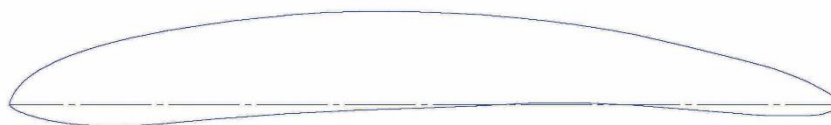


Рис. 20. Аеродинамічний профіль лопаті оригінального пропелера HQProp V1S 7x3,5x3 (за методом оболонки)

Тоді модель лопаті було побудовано в тривимірному просторі (рис. 21). Повна модель пропелера 07 HQ V1S 7in_03 представлена на рис. 22.

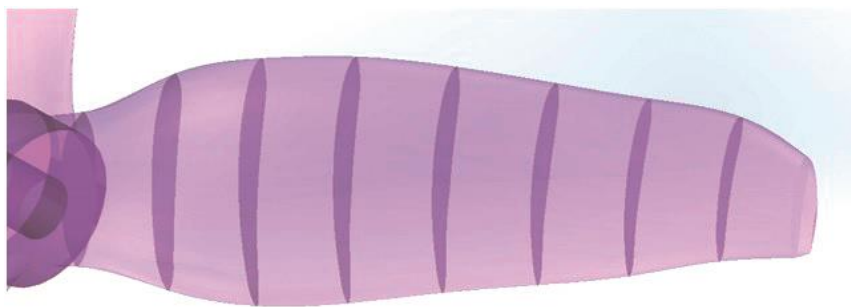


Рис. 21. Тривимірна модель лопаті 07 HQ VIS 7in_03



Рис. 22. Тривимірна модель пропелера 07 HQ V1S 7in_03

2.3 Порівняння геометричних форм тривимірних моделей пропелера

Проводити порівняння моделей, що виконані в тривимірному просторі, значно простіше ніж проводити порівняння реальних зразків. Перша дія, яку можна виконати для тривимірних моделей – провести просторову сумісність їх в одному центрі (рис. 23).



Рис. 23. Моделі суміщені у просторі на одній осі

В залежності від технології зняття розмірів з реального пропелера і в залежності від способу побудови тривимірної моделі по знятим розмірам отримані моделі дещо відрізняються одна від одної. Різницю добре видно при суміщенні моделей по одній осі. Значно відрізняється модель, що була отримана із інтернет-джерел (01 HQ V1S 7inch_01), її лопать довша за оригінал і має зовсім інші кути нахилу, площу лопаті і аеродинамічний профіль. Але вона позиціонується як така, що відповідає оригіналу, тому її також було взято до розгляду.

Якщо сумістити аеродинамічні профілі різних моделей поряд, можна побачити їх кардинальну несхожість (рис. 24). Звісно, що для різних аеродинамічних профілів і аеродинамічні характеристики будуть значно відрізнятися. Найбільш схожі аеродинамічні профілі наведені на рис. 24-в та рис. 24-г. Вважаємо їх як такі, що є найближчими до оригінальної моделі. Від цих профілів можна очікувати максимальну схожість аеродинамічних параметрів гвинтів в цілому.

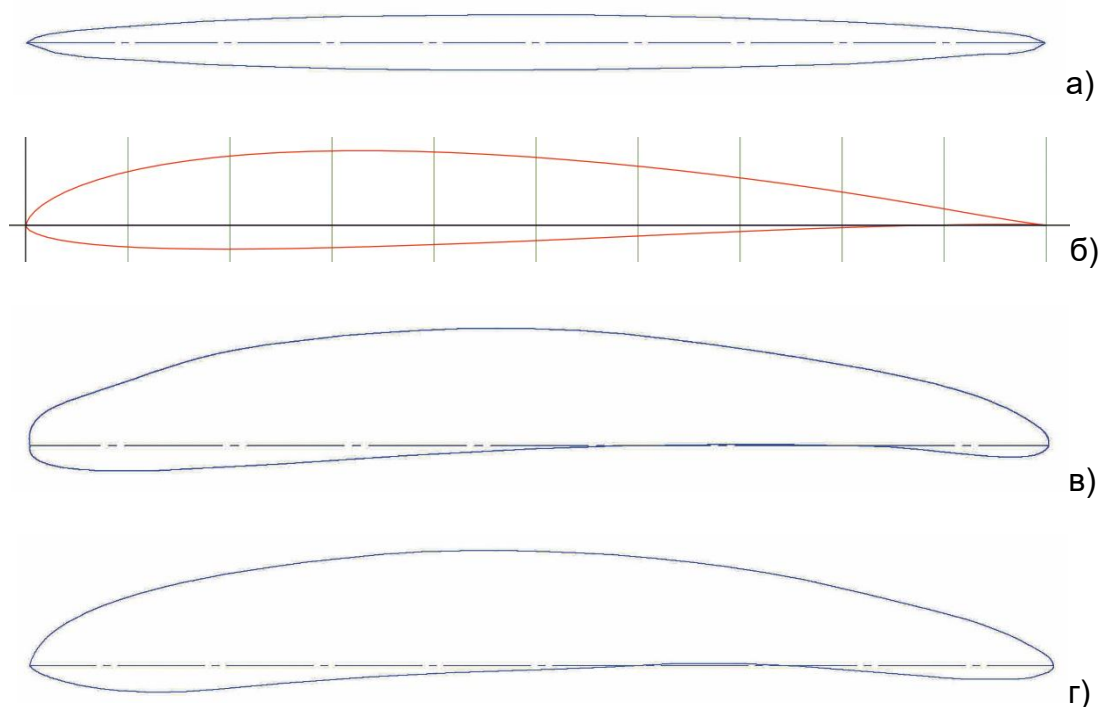


Рис. 24. Аеродинамічні профілі різних моделей
а) HQ V1S 7inch.step; б) SA7035 airfoil;
в) 05 HQ V1S 7in_01; г) 07 HQ V1S 7in_03

Висновки

Виходячи з вищесказаного, можна відзначити, що отримання тривимірної моделі гвинта квадрокоптера може стикатися з цілою низкою перешкод інформаційного характеру, таких, наприклад, як некоректні дані в мережі інтернет. Було виявлено невідповідність моделі, яка була названа «точною копією» оригінального пропелера HQProp V1S 7x3,5x3 і в той же час не відповідала йому навіть за габаритними розмірами. Також фірма-виробник зазначала, що реальний гвинт було побудовано на аеродинамічному профілі SA7035 Airfoil, що виявилось невідповідністю дійсності.

Ще одна проблема побудови тривимірної моделі – це виконання оброзмірення.

Використання 3D сканера не дало нормальної точності і обробка після сканування зайняла значний час. Використання програм для сканування за допомогою відеокамери смартфона мала цілу низку артефактів і потребувала тривалого часу для обробки.

До того ж такі методи давали формат сканованих поверхонь, які майже неможливо було редагувати і змінювати за параметрами, що було вкрай необхідно для проведення подальшого аеродинамічного аналізу.

Зазначимо, що різні методи побудови 3D об'єктів в спеціалізованих програмах для моделювання, можуть також призводити до різних результатів моделювання.

Методи отримання тривимірних моделей дозволяють проводити цілу низку досліджень без наявності спеціалізованого обладнання, є дешевшими та займають значно менше часу. Створення 3D моделей реальних гвинтів може допомогти в проведенні аеродинамічного аналізу та пошуку кращих конструктивних рішень гвинта.

Список літератури

1. Research and Innovation on Drones in Europe: An assessment based on the Transport Research and Innovation Monitoring and Information System (TRIMIS) / M. Stepniak, I. Cheimariotis, C. Lodi, M. Rataj, J. Zawieska, M. Grosso, A. Marotta.– Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2024. – 70 p. DOI: 10.2760/02357.

2. Accuracy of Tonal Noise Prediction of Propellers via Numerical Simulations and Experimental Campaigns [Text]/ L. T. Lima Pereira, D. Ragni, G. Romani, D. Casalino // AIAA :Meeting Papers 30th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference, June 4-7, 2024, Rome, Italy. – 2024. – Article No. AIAA 2024-3267. DOI: 10.2514/6.2024-3267.

3. Comparative Study of Propeller Thrust Force on Unmanned Aerial Vehicle Using Ground Testing Methods and Theoretical Calculations [Text] / A. Faishal, I. T. Setyadewi, N. Aklis, F. Harjanto, A. M. Wibowo, A. Supriyanto // Engineering Proceedings. – 2025. – Vol. 84, iss. 1. – Article No.59. DOI: 10.3390/engproc2025084059.

4. Design, aerodynamic, and structural integrity investigations of the advanced three bladed propeller for high payload based unmanned aerial vehicles [Electronic resource] / L. Sourirajan, B. Baskaran, R. Rajapandi, P. Sakthivel, B. S. Arputharaj, A. Karuppasamy, S. Singh, D. Varshney, V. Raja //Results in Engineering. – 2025. – Vol. 26. – Article No. 104573. – P. 1-25. DOI: 10.1016/j.rineng.2025.104573.

5. Українські пропелери. Порівняння ефективності, тяги і вібрацій [Електронний ресурс] // YouTube. – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=FxBDSHPBQA>. – Назва з екрана.– Дата перегляду: 24.02.2025.

6. Curtis, M. Handbook of Dimensional Measurement [Text] / Mark Curtis, Francis Farago. –5th ed. –Industrial Press, 2014. – 656p.

7. Confalone, G. 3D Scanning for Advanced Manufacturing, Design, and Construction [Text] / Gary C.Confalone, John Smits, Thomas Kinnare. – Wiley, 2023. – 224 p.

8. Chaudhary, K. Application of 3D Scanning for Reverse Manufacturing and Inspection of Mechanical Components [Text] / Kailash Chaudhary, Aditya Govil //

Proceedings of the International Conference on Industrial and Manufacturing Systems (CIMS-2020). Series: Lecture Notes on Multidisciplinary Industrial Engineering / ed. by. Pratap Singh, R. [et al.]. – Springer International Publishing, 2022. – P. 61-76. DOI: 10.1007/978-3-030-73495-4_5.

9. GrabCAD [Electronic resource] // GrabCAD [website]. – URL: <https://grabcad.com/library/hqprop-dp-7x3-5x3-v1s-1>. – Screen name. – Accessed 24.02.2025.

10. NACA Airfoil Tools [Electronic resource] // Airfoil Tools [website]. – URL: <http://airfoiltools.com/index>. – Screen name. – Accessed 24.02.2025.

References

1. Stepniak, M., Cheimariotis, I., Lodi, C., Rataj, M., Zawieska, J., Grosso, M., Marotta, A. Research and Innovation on Drones in Europe. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2024, 70 p. DOI: 10.2760/02357.

2. Lima Pereira, L. T., Ragni, D., Romani, G., Casalino, D. Accuracy of noise prediction of propellers via numerical simulations, analytical methods, and experimental campaigns. AIAA : Meeting Papers 30th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference, June 4-7, 2024, Rome, Italy, 2024, AIAA 2024-3267. DOI: 10.2514/6.2024-3267.

3. Faishal, A., Setyadewi, I.T., Aklis, N., Harjanto, F., Wibowo, A.M., Supriyanto, A. Comparative Study of Propeller Thrust Force on Unmanned Aerial Vehicle Using Ground Testing Methods and Theoretical Calculations. *Engineering Proceedings*, 2025, vol. 84, iss. 1, 59. DOI: 10.3390/engproc2025084059.

4. Sourirajan, L., Baskaran, B., Rajapandi, R., Sakthivel, P., Arputharaj, B. S., Karuppasamy, A., Singh, S., Varshney, D., Raja, V. Design, aerodynamic, and structural integrity investigations of the advanced three bladed propeller for high payload based unmanned aerial vehicles. Results in Engineering, 2025, vol. 26, 104573, DOI: 10.1016/j.rineng.2025.104573

5. Ukrayins'ki propelery. Porivnyannya efektyvnosti, tyahy i vibratsiy. YouTube. Available at: https://www.youtube.com/watch?v=_FxBDShPBQA. Nazva z ekrana. (accessed: 24.02.2025).

6. Curtis, M., Farago, F. Handbook of Dimensional Measurement. 5th ed. Industrial Press, 2014. 656p.

7. Confalone, G., Smits, J., Kinnare, T. 3D Scanning for Advanced Manufacturing, Design, and Construction. Wiley, 2023. 224p.

8. Chaudhary, K., Govil, A. Application of 3D Scanning for Reverse Manufacturing and Inspection of Mechanical Components. Proceedings of the International Conference on Industrial and Manufacturing Systems (CIMS-2020). Series: Lecture Notes on Multidisciplinary Industrial Engineering /ed. by. Pratap Singh, R. [et al.]. Springer International Publishing, 2022, pp. 61-76. DOI: 10.1007/978-3-030-73495-4_5.

9. GrabCAD. Available at: <https://grabcad.com/library/hqprop-dp-7x3-5x3-v1s-1>. Screen name. (accessed 24.02.2025).

10. NACA Airfoil Tools. Available at: <http://airfoiltools.com/index>. Screen name. (accessed 24.02.2025).

Надійшла до редакції 18.03.2025, розглянута на редколегії 18.03.2025

The specifics of creating three-dimensional models of real-life quadcopter propellers

The development of technology has caused a wide circulation of unmanned aerial vehicles (UAVs) due to their mobility, endurance and a wide specter of potential use. One of the key UAV components, which influence their technical and operational characteristics, are propellers. **The subject** of the research is the estimation of optimal propeller parameters, which will contribute to improving UAV effectiveness, increasing their flight distance, maneuverability and decreasing power consumption. **The object** of the research is the propellers of UAVs. **The aim** of this work is the process of creating three-dimensional models based on HQProp V1S 7x3,5x3 propeller, which is considered to be one of the most effective among its peers. In order to conduct the analysis, **various sizing methods were used**, particularly the master model and shell methods. Several versions of three-dimensional propeller models were created, which were then compared for geometric parameters and aerodynamic performance. Special attention was paid to the measurements accuracy and recreation of a complex blades geometry, considering that even slight deviations can have an impact on the propeller aerodynamic properties. **The results of the research** indicate significant differences between the models acquired from specialized Internet resources and the ones based on real measurements. This proves the necessity of a thorough propeller geometry analysis before they are used in calculations and planning. Moreover, the analysis of received models makes it possible to evaluate the influence of geometric characteristics on propeller work effectiveness, specifically lift generation, noise level and resistance to mechanical stress. **Scientific innovation and practical significance** of conducted research. New three-dimensional models of real-life quadcopter propellers based on HQProp V1S 7x3,5x3 propeller were obtained. 3D models may be used for improving UAV propellers design, which will benefit their aerodynamic efficiency and operational characteristics. Thus, further research may be aimed at optimizing blades profile, choosing the materials with improved mechanical properties and developing new propeller designs for achieving maximal aerodynamic characteristics. This in turn can make UAVs more effective and more adapted to specific operating environments.

Keywords: unmanned aerial vehicles; quadcopter propellers; dimensions from real propellers; aerodynamic profiles; 3D modeling of quadcopter propellers; comparison of 3D models of quadcopter propellers.

Відомості про авторів:

Мартинюк Андрій Миколайович – асп. каф. льотної експлуатації та безпеки польотів, Українська державна льотна академія, м. Кропивницький, Україна, e-mail: Illmartyniuklll@gmail.com; ORCID: 0009-0005-7962-9251

About the authors:

Andrii Martyniuk – PhD Student, Department of Flight Operations and Flight Safety, Ukrainian State Flight Academy, Kropyvnytskyi, Ukraine, e-mail: Illmartyniuklll@gmail.com; ORCID: 0009-0005-7962-9251