



Projekt końcowy Karta opisu przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów Inżynieria multikopterów Edycja Wszystkie Jednostka organizacyjna Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej Poziom kształcenia Studia podyplomowe Forma studiów Stacjonarne Profil studiów Podyplomowe		Cykl dydaktyczny 2026/2027 Kod przedmiotu MIMSPS.P2.05939.26 Języki wykładowe polski Obligatoryjność Obowiązkowy Blok zajęciowy Studia podyplomowe Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Nie
Koordynator przedmiotu	Andriy Milenin	
Prowadzący zajęcia	Andriy Milenin, Szczepan Witek	
Okres Semestr 2	Forma zaliczenia Zaliczenie Forma prowadzenia i godziny zajęć Ćwiczenia projektowe: 16	Liczba punktów ECTS 6

Cele kształcenia dla przedmiotu

C1	Inżynierska synteza wiedzy: Praktyczne połączenie zasad aeromechaniki i dynamiki lotu z procesem modelowania strukturalnego w SolidWorks.
C2	Optymalizacja pod kątem misji: Wypracowanie umiejętności doboru komponentów i ekosystemu oprogramowania (Betaflight/ArduPilot/iNav) w zależności od specyficznych wymagań operacyjnych.
C3	Weryfikacja empiryczna: Nabycie biegłości w diagnostyce powdrożeniowej (analiza logów, termowizja) jako jedynej metody potwierdzającej poprawność założeń projektowych.

Efekty uczenia się dla przedmiotu

Kod	Efekty w zakresie	Kierunkowe efekty uczenia się	Metody weryfikacji
Wiedzy - Student zna i rozumie:			
W1	Rozumie korelację między geometrią ramy a charakterystyką wibracyjną i aerodynamiczną drona.	IMSP_W01, IMSP_W02	Projekt
W2	Rozumie kryteria doboru oprogramowania FC w zależności od priorytetów misji (stabilność vs. responsywność).	IMSP_W01, IMSP_W03	Projekt
Umiejętności - Student potrafi:			
U1	Potrafi zaprojektować i wykonać hybrydową strukturę multikoptera spełniającą normy wytrzymałościowe.	IMSP_U01, IMSP_U02	Projekt
U2	Umie przeprowadzić proces „Fine-Tuningu” na podstawie analizy widmowej PSD i danych z czarnej skrzynki.	IMSP_U02, IMSP_U03, IMSP_U04	Projekt
Kompetencji społecznych - Student jest gotów do:			
K1	Potrafi rzetelnie udokumentować proces projektowy i przyznać się do błędów konstrukcyjnych wykrytych na etapie testów.	IMSP_K01, IMSP_K03	Projekt

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się dla modułu zajęć

Przedmiot stanowi syntezę wszystkich kompetencji nabytych w toku studiów. Zamiast budowy generycznej maszyny, student ma za zadanie stworzyć jednostkę wyspecjalizowaną (np. Long Range, Freestyle lub Cinematic). Kluczowym elementem jest udowodnienie, że wybory projektowe (geometria ramy, dobór napędu, nastawy filtrów) wynikają z przeprowadzonej analizy numerycznej i teoretycznej, a nie z przypadku. Finałem jest lot walidacyjny potwierdzający osiągnięcie założonych parametrów misyjnych.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin* przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Ćwiczenia projektowe	16
Przygotowanie projektu, prezentacji, pracy pisemnej, sprawozdania	50
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	30
Dodatkowe godziny kontaktowe	80
Łączny nakład pracy studenta	Liczba godzin 176
Liczba godzin kontaktowych	Liczba godzin 16

* godzina (lekcyjna) oznacza 45 minut

Treści programowe

Lp.	Treści programowe	Efekty uczenia się dla przedmiotu	Formy prowadzenia zajęć
1.	1. Koncepcja i obliczenia. Definicja misji (np. 5" Long Range) i dobór napędu na podstawie T:W (Thrust-to-Weight ratio). Wybór materiałów i oszacowanie masy startowej. (2g) 2. Modelowanie CAD i optymalizacja. Projektowanie ramy i akcesoriów w SolidWorks (Design for Assembly). Uproszczona analiza MES oraz wyznaczenie środka ciężkości (CoG). Przygotowanie plików do druku 3D. (4g) 3. Budowa i integracja. Montaż mechaniczny i elektroniczny drona. Konfiguracja wybranego systemu sterowania (Betaflight/iNav/ArduPilot) zgodnie ze specyfiką misji. (4g) 4. Diagnostyka i tuning. Maiden Flight i zbieranie logów. Analiza PSD, optymalizacja filtrów i pętli PID. Pomiar termowizyjny układu napędowego po obciążeniu. (4g) 5. Opracowanie sprawozdania technicznego z wynikami projektowania i walidacji. (2g)	W1, W2, U1, U2, K1	Ćwiczenia projektowe

Informacje rozszerzone

Metody i techniki kształcenia :

Metoda warsztatowa (ang. workshop), Demonstracja, instruktaż, Metoda projektowa (ang. Project Based Learning), Praca grupowa

Rodzaj zajęć	Metody zaliczenia	Warunki zaliczenia przedmiotu
Ćwiczenia projektowe	Projekt	Pozytywne zaliczenie projektu

Dodatkowy opis

To zadanie symuluje pracę w zespole R&D (Research & Development). Student nie jest oceniany za to, czy dron „po prostu lata”, ale za to, jak blisko wynik rzeczywisty (np. czas lotu, poziom wibracji) znajduje się obok wyniku przewidzianego. Jest to ostateczny sprawdzian warsztatu inżynierskiego przed podjęciem pracy w przemyśle systemów bezzałogowych.

Warunki i sposób zaliczenia poszczególnych form zajęć, w tym zasady zaliczeń poprawkowych, a także warunki dopuszczenia do egzaminu

Podaje Prowadzący na pierwszych zajęciach w semestrze

Sposób obliczania oceny końcowej

OK = Ocena projektu

Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na zajęciach

Podaje Prowadzący na pierwszych zajęciach w semestrze

Wymagania wstępne i dodatkowe

SolidWorks, drukowanie 3d (FDM), mechanika.

Zasady udziału w poszczególnych zajęciach, ze wskazaniem, czy obecność studenta na zajęciach jest obowiązkowa

Studenci uczestniczą w zajęciach projektowych poznając kolejne treści nauczania zgodnie z sylabusem przedmiotu. Studenci winni na bieżąco zadawać pytania i wyjaśniać wątpliwości. Rejestracja audiowizualna wykładu wymaga zgody prowadzącego.

Literatura

Obowiązkowa

1. Betaflight/iNav/ArduPilot Documentation <https://ardupilot.org/copter/> <https://betaflight.com/docs/wiki>

Dodatkowa

1. Milenin, A. Effects of FPV Drone Frame Materials on Thermal Conditions of Motors Under Extreme Payloads: Experimental and Numerical Analysis. Processes 2025, 13, 3034. <https://doi.org/10.3390/pr13103034>
2. Milenin, A. Experimental Analysis of an AZ31 Magnesium Alloy Structural FPV Drone Frame: Comparison with Aluminum and Carbon Fiber. Processes 2026, 14, 1361. <https://doi.org/10.3390/pr14091361>

Kierunkowe efekty uczenia się

Kod	Treść
IMSP_K01	Jest gotów do przyjmowania odpowiedzialności za bezpieczeństwo własne, osób trzecich oraz mienia podczas wykonywania operacji lotniczych i testowania prototypów.
IMSP_K03	Jest gotów do przestrzegania zasad etyki zawodowej oraz przepisów prawa lotniczego, wykazując się dbałością o prywatność i bezpieczeństwo przestrzeni publicznej.
IMSP_U01	Potrafi zaprojektować i wykonać elementy strukturalne multikoptera, wykorzystując oprogramowanie CAD oraz techniki druku 3D.
IMSP_U02	Potrafi skonfigurować, zaprogramować i zoptymalizować jednostkę sterującą (Flight Controller) oraz dobrać optymalny układ napędowy do założeń misji.
IMSP_U03	Potrafi przeprowadzić diagnostykę techniczną, analizę logów lotowych oraz testy naziemne i powietrzne w celu eliminacji błędów konstrukcyjnych.
IMSP_U04	Potrafi planować i bezpiecznie wykonywać operacje lotnicze jako pilot w kategorii A1/A3, reagując prawidłowo na sytuacje awaryjne i zmieniające się warunki pogodowe.
IMSP_W01	Zna budowę oraz zasadę działania wielowirnikowych statków powietrznych oraz rozumie fizyczne aspekty generowania siły nośnej i stabilizacji lotu.
IMSP_W02	Zna i rozumie właściwości materiałów konstrukcyjnych (kompozytów, metali lekkich) oraz potencjał i ograniczenia technologii wytwarzania przyrostowego (druku 3D) w prototypowaniu multikopterów.
IMSP_W03	Zna i rozumie architekturę systemów sterowania, w tym działanie algorytmów stabilizacji, filtracji sygnałów oraz logikę planowania misji autonomicznych.