



Budowa, strojenie i diagnostyka multikopterów

Karta opisu przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów Inżynieria multikopterów		Cykl dydaktyczny 2026/2027	
Edycja Wszystkie		Kod przedmiotu MIMSPS.P2.20167.26	
Jednostka organizacyjna Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej		Języki wykładowe polski	
Poziom kształcenia Studia podyplomowe		Obligatoryjność Obowiązkowy	
Forma studiów Stacjonarne		Blok zajęciowy Studia podyplomowe	
Profil studiów Podyplomowe		Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Nie	
Koordynator przedmiotu	Andriy Milenin		
Prowadzący zajęcia	Andriy Milenin		
Okres Semestr 2	Forma zaliczenia Zaliczenie	Liczba punktów ECTS 4	
	Forma prowadzenia i godziny zajęć Zajęcia warsztatowe: 26		

Cele kształcenia dla przedmiotu

C1	Montaż i konfiguracja dronu fpv: Opanowanie technik lutowania klasy IPC oraz pełna integracja systemów sterowania (FC, ESC, ELRS) i wizji (Analog/Digital).
C2	Zrozumienie fizyki łącza radiowego: Nabycie wiedzy o propagacji fal, znaczeniu strefy Fresnela i systemach diversity w celu zapewnienia stabilnej łączności na dystansach Long Range.
C3	Zaawansowana diagnostyka inżynierska: Umiejętność interpretacji stanu technicznego drona na podstawie logów Blackbox (widmo PSD) oraz obrazowania termowizyjnego.

Efekty uczenia się dla przedmiotu

Kod	Efekty w zakresie	Kierunkowe efekty uczenia się	Metody weryfikacji
Wiedzy - Student zna i rozumie:			
W1	Rozumie podstawy architektury kontrolera lotu i procesora ESC oraz ich wzajemną komunikację.	IMSP_W01, IMSP_W03	Wynik testu zaliczeniowego
W2	Zna fizyczne podstawy transmisji radiowej: wpływ częstotliwości na przenikalność przeszkód i znaczenie strefy Fresnela	IMSP_W03	Wynik testu zaliczeniowego
W3	Zna taktyczne aspekty wykorzystania dronów w warunkach zakłóceń elektronicznych.	IMSP_W03	Wynik testu zaliczeniowego
Umiejętności - Student potrafi:			
U1	Potrafi samodzielnie zmontować, skonfigurować i zbindować system ExpressLRS wraz z aparaturą (np. Radiomaster TX12).	IMSP_U02, IMSP_U03	Wynik testu zaliczeniowego
U2	Umie przeprowadzić analizę drgań strukturalnych drona (np. w Betaflight Blackbox Explorer) i nastroić filtry w celu eliminacji szumów.	IMSP_U02, IMSP_U03	Wynik testu zaliczeniowego
U3	Potrafi zdiagnozować przeciążenia prądowe i termiczne napędu przy użyciu kamery termowizyjnej.	IMSP_U02, IMSP_U03	Wynik testu zaliczeniowego

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się dla modułu zajęć

Kurs jest intensywnym poligonem doświadczalnym, prowadzącym studenta od surowych podzespołów elektronicznych do w pełni sprawnej, zoptymalizowanej maszyny FPV. Program kładzie szczególny nacisk na niezawodność połączeń (lutowanie, komunikacja radiowa) oraz nowoczesne metody diagnostyczne pozwalające na pracę w ekstremalnych warunkach. Przedmiot ten to „inżynieria polowa” w czystej postaci. Student uczy się nie tylko jak zbudować drona, ale przede wszystkim – jak zrozumieć sygnały, które maszyna wysyła poprzez logi i ciepło. Program obejmuje unikalne pokazy technologii odpornych na zakłócenia (światłowód) oraz analizę taktycznego wykorzystania systemów bezzałogowych, co przygotowuje do pracy w sektorach bezpieczeństwa i ratownictwa.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin* przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Zajęcia warsztatowe	26
Przygotowanie do zajęć	30
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	50
Łączny nakład pracy studenta	Liczba godzin 106
Liczba godzin kontaktowych	Liczba godzin 26

* godzina (lekcyjna) oznacza 45 minut

Treści programowe

Lp.	Treści programowe	Efekty uczenia się dla przedmiotu	Formy prowadzenia zajęć
1.	1. Architektura i Montaż. (6g) Mózg i Mięśnie: Rola FC i ESC. Omówienie protokołów komunikacji (DSHOT, UART). Warsztat lutowniczy: Techniki łączenia grubych przewodów zasilających oraz precyzyjne lutowanie pinów sygnałowych. Demonstracja: Montaż pokazowy drona FPV przez prowadzącego – "Best Practices" układania kabli. 2. Systemy Radiowe i Wizyjne (6g) Wideo FPV: Różnice w budowie i konfiguracji systemów analogowych oraz cyfrowych (DJI, Walksnail, HDZero). Praca z analizatorem widma i wektorowym analizatorem anten. Systemy detekcji dronów na podstawie sygnału wideo. Dobór optymalnej częstotliwości do anteny na podstawie analizatora SWR. ExpressLRS (ELRS): Konfiguracja odbiorników, update firmware, binding phrase. Radiofizyka: Planowanie lotów Long Range – systemy Diversity i Dual Band (2.4GHz / 868-915MHz). Obliczanie strefy Fresnela w celu uniknięcia utraty sygnału nad przeszkodami. 3. Konfiguracja i Technologie Specjalne (4g) Ekosystem sterowania: Konfiguracja Betaflight, ustawienie trybów lotu, OSD i parametrów FailSafe. Aparatura sterująca: Programowanie Radiomaster TX12 (EdgeTX) – miksery, komunikaty głosowe, logiczne przełączniki. Technologia do zastosowań ekstremalnych: Montaż, konfiguracja i demonstracja drona sterowanego przez włókno optyczne – odporność na zakłócenia radiowe i detekcję. 4. Diagnostyka i Testowanie (6g) Praca z logami: Analiza krytycznych parametrów: gęstość widmowa mocy (PSD), praca silników, skoki natężenia prądu. Testy stanowiskowe: Zawis testowy oraz testy na standzie gimbalowym w celu weryfikacji stabilizacji. Analiza termiczna: Wykorzystanie kamery termowizyjnej do badania rozkładu temperatur na silnikach i regulatorach pod obciążeniem. 5. Aspekty Taktyczne i Kryzysowe (4g) Drony w warunkach konfliktu: Wykorzystanie maszyn FPV w scenariuszach rozpoznawczych i uderzeniowych. Przetrwanie w środowisku EW: Jak radzić sobie z zagłuszaniem GPS i linku RC. Szybka naprawa polowa: Diagnostyka uszkodzeń po twardym lądowaniu i przywracanie sprawności operacyjnej.	W1, W2, W3, U1, U2, U3	Zajęcia warsztatowe

Informacje rozszerzone

Metody i techniki kształcenia :

Metoda warsztatowa (ang. workshop), Demonstracja, instruktaż, Dyskusja

Rodzaj zajęć	Metody zaliczenia	Warunki zaliczenia przedmiotu
Zajęcia warsztatowe	Wynik testu zaliczeniowego	Pozytywny wynik testu zaliczeniowego

Dodatkowy opis

Ten kurs to bezpośrednie przygotowanie do pracy w najbardziej wymagających sektorach rynku dronowego. Nie uczymy się latać „dla zabawy” – uczymy się budować narzędzia, które muszą zadziałać za pierwszym razem w trudnym terenie.

Co zyskujesz?

- Twoje luty będą spełniać standardy przemysłowe, co jest kluczowe w firmach produkujących BSP.
- Zamiast zgadywać, dlaczego dron "dziwnie lata", otworzysz logi Blackbox i wskażesz konkretne ramię, które wpada w rezonans.
- Zrozumienie strefy Fresnela czy obsługa dronów światłowodowych to kompetencje, które stawiają Cię w czołówce specjalistów od systemów bezzałogowych do zadań specjalnych.

Wskazówka od prowadzącego: Na tych zajęciach kamera termowizyjna będzie Twoim najlepszym przyjacielem. Często to, czego nie widać gołym okiem (mikrozwarcia, przeciążone łożyska), staje się jasne w podczerwieni, zanim jeszcze dojdzie do kosztownej awarii w powietrzu.

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

Warunki i sposób zaliczenia poszczególnych form zajęć, w tym zasady zaliczeń poprawkowych, a także warunki dopuszczenia do testu zaliczeniowego podaje Prowadzący na pierwszych zajęciach w semestrze.

Sposób obliczania oceny końcowej

OK = ocena z zaliczenia

Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na zajęciach

Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na zajęciach podaje Prowadzący na pierwszych zajęciach w semestrze.

Wymagania wstępne i dodatkowe

Podstawy mechaniki, elektrotechniki, fizyki.

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

Zajęcia warsztatowe: Studenci wykonują zadania zgodnie z materiałami udostępnionymi przez prowadzącego. Student jest zobowiązany do przygotowania się w przedmiocie wykonywanego zadania, co może zostać zweryfikowane kolokwium w formie ustnej lub pisemnej. Zaliczenie zajęć odbywa się na podstawie zaprezentowania rozwiązania postawionego problemu. Zaliczenie modułu jest możliwe po zaliczeniu wszystkich zajęć warsztatowych.

Literatura

Obowiązkowa

1. Zaluzhnyi, V.; Hryshchuk, R.; Ihor, S.; Oleksiy, H. The Armed Forces of Ukraine Unmanned Systems Future Development. Mil. Sci. 2024, 2, 5–16. <https://doi.org/10.62524/msj.2024.2.1.01>
2. 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>

Dodatkowa

1. 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_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_W01	Zna budowę oraz zasadę działania wielowirnikowych statków powietrznych oraz rozumie fizyczne aspekty generowania siły nośnej i stabilizacji lotu.
IMSP_W03	Zna i rozumie architekturę systemów sterowania, w tym działanie algorytmów stabilizacji, filtracji sygnałów oraz logikę planowania misji autonomicznych.