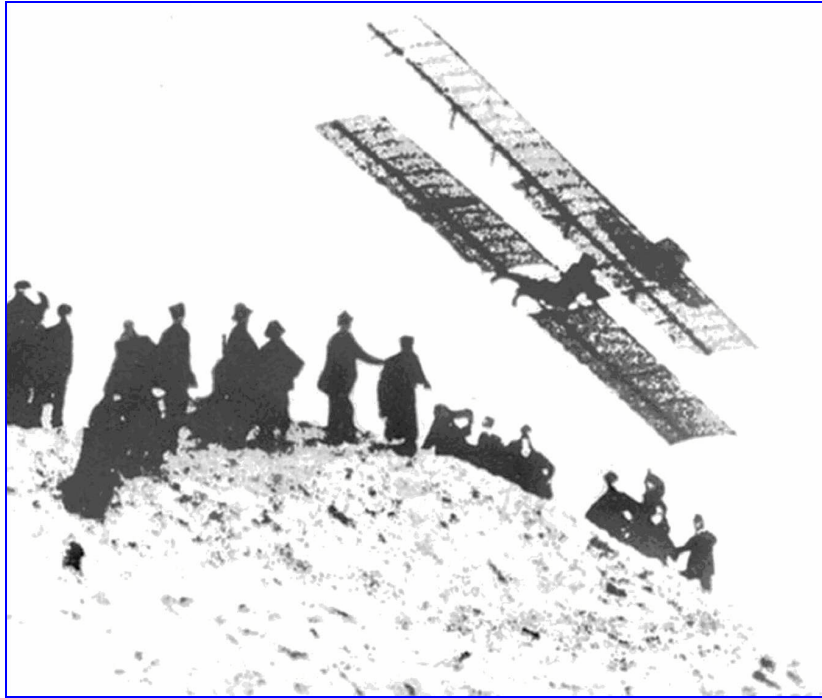


Janusz Narkiewicz \*

## AUTOMATYKA I OSPRZĘT LOTNICZY

## 1. Wprowadzenie

Automatyka tradycyjnie kojarzy się z układami regulacji i sterowania w urządzeniach naziemnych, głównie w procesach wytwarzania. Jednak obserwowane w ostatnich latach powstanie i wykorzystanie tanich procesorów pozwoliło na upowszechnienie sterowników także w życiu codziennym.



Rys.1. Lot samolotu braci Wright

W lotnictwie zagadnienia sterowania występują „od zawsze”. Dokonany 17 stycznia 1903 roku lot braci Wilbura i Orville’a Wright (rys.1), uważany za początek współczesnego lotnictwa, odbył się na obiekcie z załogą na pokładzie, cięższym od powietrza (aerodynamic), z własnym napędem i *sterowanym*. Wymienione powyżej trzy elementy (struktura, silnik i sterowanie) są podstawą techniki lotniczej. Struktura płatowca zapewnia wytworzenie w czasie lotu siły nośnej, równoważącej ciężar statku powietrznego, silniki dostarczają energii niezbędnej do ruchu w powietrzu, a systemy sterowania i inne urządzenia wyposażenia statków powietrznych, tradycyjnie nazywane osprzętem, umożliwiają realizację zaplanowanych zadań. Znane jest powiedzenie, że w samolotach "płatowiec to jest to, co widać, silniki – to, co słychać, a osprzęt to jest to, za co się płaci".

Dla wykonania lotu pilot powinien otrzymać informacje dotyczące: wysokości i miejsca (pozycji), gdzie znajduje statek powietrzny, prędkości i kierunku lotu oraz położenia samolotu w przestrzeni (orientacji przestrzennej), co jest szczególnie istotne przy lotach bez widoczności. Urządzenia pokładowe powinny zapewniać dostarczenie pilotowi tych informacji. Istotne są także informacje o działaniu zespołu napędowego, o warunkach zewnętrznych (ciśnienie, temperatura) wpływających m.in. na jego działanie oraz pracy innych urządzeń (wentylacji i ciśnienia w kabinie, podwozia przy lądowaniu, układów rozrywki dla pasażerów, uzbrojenia w

samolotach bojowych itd.).

Pierwszy minimalny zestaw przyrządów wymaganych na samolocie obejmował wysokościomierz, prędkościomierz, kompas oraz wskaźniki ciśnienia powietrza, ilości paliwa, ciśnienia oleju, termometr silnika, obrotomierz i zegar (1917 r, USA).

Układy ułatwiające sterowanie samolotem powstały już w 1914 roku (ok. 11 lat po pierwszym locie) i zapewniały stabilizację lotu dzięki wykorzystaniu żyroskopów (Lawrence Sperry, 1914). W czasie dwu wojen światowych w XX wieku rozwijane były zarówno systemy walki, jak też układy nawigacji oraz stabilizacji i sterowania lotem. Rozwój współczesnych technologii mechanicznych i elektronicznych a także lepsze poznanie mechaniki lotu doprowadziły do sytuacji, gdy pilot współczesnego samolotu cywilnego i wojskowego jest przede wszystkim operatorem dość złożonego systemu, w którym w czasie normalnej eksploatacji podstawową rolę odgrywają układy działające automatycznie.

Dlatego pojęcie *osprzętu lub wyposażenia lotniczego*, dotyczące zespołu odrębnych przyrządów, urządzeń i wskaźników, zastępowane jest takimi pojęciami jak *awionika*, ze względu na nasycenie układów urządzeniami elektronicznymi, oraz *systemy pokładowe* ze względu na integrację odrębnych do tej pory funkcji.

Tytuł tego opracowania odpowiada obecnej nazwie zakładu naukowo dydaktycznego w Instytucie Techniki Lotniczej i Mechaniki Stosowanej na Wydziale Mechanicznym Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej. Celem uczelni wyższej jest przede wszystkim dydaktyka - kształcenie na deklarowanym poziomie specjalistów z danej dziedziny oraz badania naukowe. Historia i działalność lotnicza na Politechnice Warszawskiej oraz w Zakładzie pokazuje miejsce tematyki „osprzętu lotniczego” nie tylko na uczelni, ale także w przemyśle lotniczym.

## 2. Lotnictwo na Politechnice Warszawskiej

Ze względu na burzliwą historię Polski, na Politechnice Warszawskiej pierwsze zorganizowane działania w zakresie lotnictwa datują się na rok 1916, w którym studenci Wydziału Budowy Maszyn i Elektrotechniki utworzyli Sekcję Lotniczą Koła Mechaników [1]. W roku akademickim 1916/17 prowadzili działalność odczytową, następnie działalność Sekcji została zawieszona. Wznowienie działalności nastąpiło w roku akademickim 1921/22 z inicjatywy studenta Ryszarda Bartla. Od tego czasu główną formą działalności Sekcji było projektowanie i budowa szybowców i samolotów. Dorobek konstrukcyjny Sekcji z lat 1923-30 odegrał znaczącą rolę w rozwoju polskich samolotów sportowych. Innym efektem działalności studentów Politechniki Warszawskiej w sportach lotniczych było założenie 19 października 1927 roku Aeroklubu Akademickiego w Warszawie, późniejszego Aeroklubu Warszawskiego. Był to pierwszy w Polsce klub lotniczy, dlatego datę jego powstania uważa się za początek historii polskiego sportu lotniczego.

W roku akademickim 1922/23 na Wydziale Mechanicznym została utworzona Grupa Lotnicza, nazwana później Oddziałem Lotniczym, na którym uruchomiono studia lotnicze w semestrach V-VIII. Rekrutacja na te studia odbywała się po tzw. "półdyplomie", czyli po zaliczeniu pierwszych czterech semestrów. Pierwsi działający później w lotnictwie inżynierowie ukończyli Politechnikę Warszawską w roku akademickim 1922/23.

Studia lotnicze na Politechnice Warszawskiej organizował prof. Czesław Witoszyński, pierwszy kierownik Katedry Aerodynamiki (od września 1924 roku), a następnie Instytutu Aerodynamicznego otwartego uroczystie 4 sierpnia 1927 roku. Budynek Instytutu Aerodynamicznego to obecnie Gmach Aerodynamiki na rogu Alei Niepodległości i ulicy Nowowiejskiej. W Zakładzie Aerodynamiki, spadkobiercy Instytutu Aerodynamicznego, do dzisiaj jest zachowana szkolna tablica z zapisanym fragmentem wykładu prof. Witoszyńskiego.

Dnia 1 października 1922 roku powstała Katedra Budowy Płatowców i Mechaniki Lotu, kierowana najpierw przez ppłk doc. inż. pil. Zdzisława Zych-Płodowskiego, a od 1928 roku (po śmierci Zych-Płodowskiego w wypadku lotniczym 11 maja 1927 roku) przez prof. Gustawa Andrzeja Mokrzyckiego.

Tematyka lotnicza była rozwijana także w innych, mieszczących się w zaprojektowanym w 1901 roku Budyńku Mechaniki, Katedrach: Mechaniki Technicznej I - prof. Maksymiliana Tytusa Hubera (od 1.4.1928 roku), Silników Spalinowych - prof. Karola Taylora oraz w ramach oddzielnych wykładów: *Instrumenty pokładowe i urządzenia lotnicze*, Meteorologia lotnicza, Balonnictwo.

Wybuch II wojny światowej drastycznie ograniczył działalność akademicką PW, a w dziedzinie lotnictwa zahamował ją na lata. Wielu pracowników i absolwentów Uczelni wyemigrowało i podjęło pracę w ośrodkach badawczych, wyższych uczelniach, przemyśle lotniczym i armiach krajów sprzymierzonych Europy, w początkowym okresie wojny we Francji, następnie w Wielkiej Brytanii, oraz w Turcji, a przede wszystkim w Kanadzie i w USA.

Po wojnie w roku akademickim 1946/47 na Wydziale Mechanicznym reaktywowano Oddział Lotniczy.

Kształcenie w zakresie lotnictwa było też uruchomione w Wyższej Szkole Budowy Maszyn i Elektrotechniki im. Wawelberga i Rotwanda w Warszawie, która w 1945 roku otrzymała status szkoły inżynierskiej. W szkole tej kształcenie w zakresie lotnictwa początkowo odbywało się na Oddziale Lotniczym Wydziału Budowy Maszyn, a następnie na wyodrębnionym Wydziale Lotniczym.

W 1951 roku nastąpiło połączenie obu uczelni i w nowej strukturze organizacyjnej Politechniki został utworzony Wydział Lotniczy. Na Wydział Lotniczy Politechniki Warszawskiej przeszła większość nauczycieli akademickich z Wydziału Lotniczego Szkoły Wawelberga i Rotwanda. Umożliwiło to od razu utworzenie katedr o dużym potencjale dydaktycznym i naukowym. Kształcenie w zakresie lotnictwa objęło także *osprzęt lotniczy (wyposażenie pokładowe), w tym elektrotechnikę lotniczą*.

Tradycja obecnego Zakładu Automatyki i Osprzętu Lotniczego sięga roku 1957, kiedy to z Katedry Budowy Samolotów ówczesnego Wydziału Lotniczego Politechniki Warszawskiej została wyodrębniona **Katedra Osprzętu Lotniczego**. Inicjatorem jej utworzenia był prof. inż. Kazimierz Głębiński, który został jej pierwszym kierownikiem.

W czasie istnienia Wydziału Lotniczego opracowano wiele podręczników i skryptów, a także odbudowano, rozbudowano i zbudowano od podstaw laboratorium. Wydział otrzymał budynek z pomieszczeniami audytoryjnymi, laboratoryjnymi, gabinetami i hangarem wzniesiony w latach 1951-53 na terenie głównym PW przy Al. Niepodległości 222.

W ramach reorganizacji Politechniki Warszawskiej, 25 listopada 1960 roku Wydział Lotniczy został połączony z częścią Wydziału Mechanicznego Konstrukcyjnego i przybrał nazwę Wydziału Mechanicznego Energetyki i Lotnictwa (MEiL). Powstały Katedry: Aerodynamiki, Budowy Samolotów, Części Maszyn, Ekonomii Politycznej, Energetyki Jądrowej, Kotłów Turbin i Pomp, Matematyki, Materiałoznawstwa, Mechaniki, **Osprzętu Lotniczego**, Technologii Mechanicznej Ogólnej i Lotniczej, Silników Spalinowych, Przemysłowych i Lotniczych, Siłowni i Gospodarki Energetycznej, Teorii Maszyn Ciepłych, Teorii Maszyn i Mechanizmów, Urządzeń i Aparatury Przemysłowej, Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji [2].

W 1965 r. Kierownikiem Katedry Osprzętu Lotniczego był prof. Kazimierz Głębiński, pracownikami m.in. mgr inż. Jerzy Kręcisz, mgr inż. Jerzy Madler, dr inż. Zbigniew Smólski, mgr inż. Władysław Stępniewski, mgr inż. Mirosław Stola

W roku akademickim 1969/70 nastąpiła zmiana struktury uczelni: zlikwidowano katedry, powstały instytuty a w ich ramach zakłady. Na Wydziale MEiL powstały trzy instytuty: Techniki Ciepłej (istniejący od 1962 r), Mechaniki Stosowanej i Inżynierii Materiałowej. W roku 1971 powołano Instytut Techniki Lotniczej i Hydrodynamiki grupujący zakłady Aerodynamiki, Osprzętu Lotniczego oraz Samolotów i Śmigłowców. W 1975 roku z połączenia instytutów: Mechaniki Stosowanej oraz Techniki Lotniczej i Hydrodynamiki powstał istniejący do dziś Instytut Techniki Lotniczej i Mechaniki Stosowanej. W jego strukturze znalazł się Zakład Automatyki i Osprzętu, od 1985 r. nazwany **Zakładem Automatyki i Osprzętu Lotniczego** (ZAiOL).

Po przejściu na emeryturę prof. inż. Kazimierza Głębińskiego kierownikiem Zakładu został doc. dr inż. Jerzy Kręcisz. W 1979 roku doc. dr inż. Jerzy Kręcisz zginął w wypadku samochodowym. Po jego tragicznej śmierci Kierownikiem Zakładu do września 1988 r. był prof. dr hab. inż. Ryszard Vogt. W latach 1988 - 1999 r. pracami Zakładu kierował doc. dr inż. Wiesław Łucjanek. Od 1.IX.1999 r. kierownikiem Zakładu jest prof. dr hab. inż. Janusz Narkiewicz.

### 3. Działalność naukowa i badawcza w ZAiOL

Prace prowadzone w Zakładzie wynikały z zainteresowań przemysłu, programów badawczych centralnych (Centralnych Projektów Badań Rozwojowych), a obecnie grantów KBN (MNiI) i współpracy międzynarodowej. Prace badawcze mają charakter zarówno teoretyczny jak i doświadczalny

W Zakładzie były realizowane prace badawcze, konstrukcyjne i projektowe dotyczące żyroskopowych układów pomiarowych, pokładowych instalacji przeciwpożarowych, urządzeń automatyki przemysłowej oraz uniwersalnych urządzeń pomiarowo-kontrolnych dla przemysłu. Uzyskane patenty wyszczególniono w Tabl.1.

Zespół Zakładu uzyskał też dyplom w konkursie na najlepszy projekt wynalazczy miesiąca i roku za rozwiązanie pt. "Blok sygnalizacji pożaru lub przegrzania BSP 2-K z liniowym detektorem LDP-2".

W Zakładzie Automatyki i Osprzętu Lotniczego prowadzona jest dydaktyka i prace naukowe z zakresu awioniki i wyposażenia pokładowego statków powietrznych, sterowania, a także aeromechaniki śmigłowców. Działalność naukowa i badawcza obejmuje: teorię sterowania, modelowanie obiektów ruchomych, układy automatycznego sterowania lotem, serwomechanizmy i regulatory, symulacje układów i symulatory, lotnicze układy pokładowe, układy nawigacyjne.

Tabl. 1. Patenty (świadczenia autorskie o dokonaniu wynalazku)

Autorzy	Tytuł wynalazku, nr patentu	Data publ.
Kazimierz Głębiński, Ryszard Miecznikowski, Witold Kotlewski, Witold Ostrowski, Jan Pawlikowski	Automatyczny dozownik cieczy, 66489	30.10.1972
Kazimierz Głębiński, Bogumił Mierkowski, Jerzy Madler, Witold Kotlewski, Jan Pawlikowski, Zbigniew Wieryszko, Andrzej Zakręt	Licznik czasu z elektroniczną podstawą czasu, zwłaszcza do pomiaru czasu pracy urządzeń mechanicznych, 89441	30.04.1977
Jerzy Madler, Krzysztof Bębenkowski, Zbigniew Wieryszko, Jan Pawlikowski, Witold Kotlewski, Kazimierz Głębiński	Wysokościomierz izobaryczny, 108784	31.01.1981
Zbigniew Wieryszko, Jan Pawlikowski, Andrzej Zakręt, Witold Kotlewski, Jerzy Madler, Kazimierz Głębiński	Układ rejestratora parametrów lotu, 108727	15.07.1981
Witold Kotlewski, Zygmunt Wasilewski, Jerzy Madler, Jan Pawlikowski, Zbigniew Wieryszko	Urządzenie do pomiaru parametrów rozrusznika silnika spalinowego, 115738	31.12.1982
Witold Kotlewski, Krzysztof Bębenkowski, Jan Pawlikowski	Złącze współosiowe liniowego detektora pożaru, 134818	31.12.1986
Witold Kotlewski, Krzysztof Bębenkowski, Jan Pawlikowski	Złącze koncentryczne liniowego detektora pożaru, 43542	21.04.1987
Witold Kotlewski, Jan Pawlikowski	Złącze koncentryczne liniowego detektora pożaru, 48019	22.12.1988
Kazimierz Gryczyński, Witold Kotlewski, Jan Pawlikowski, Zbigniew Wieryszko, Marek Adamowicz	Liniowy detektor pożaru ostrzegawczej instalacji przeciw-pożarowej, 158337	31.08.1992

Przykładami prac z zakresu sterowania są układy sterowania programowego prędkością i kierunkiem ruchu pojazdów transportowych i maszyn roboczych badane w latach osiemdziesiątych PIMB (Rys.2).



Rys.2. Badania traktora URSUS w PIMB z układem sterowania automatycznego

Opracowano także układ sterowania napędem wózka inwalidzkiego przy pomocy sygnałów binarnych, w tym akustycznych.

Pracownicy Zakładu w latach dziewięćdziesiątych brali także udział w jednym z głównych tematów prac rozwojowych prowadzonych przez MON — opracowaniem pocisku inteligentnego do zwalczania celów opancerzonych. Zadaniem zespołu było opracowanie układu sterującego dla pocisku oraz badania systemowe dla potrzeb całościowego projektowania pocisku. Opracowano układ sterowania impulsowego lotem rakiety z mo-

zliwością nieciągłej pracy układów pomiarowych i wykonawczych (rys.3) [3].



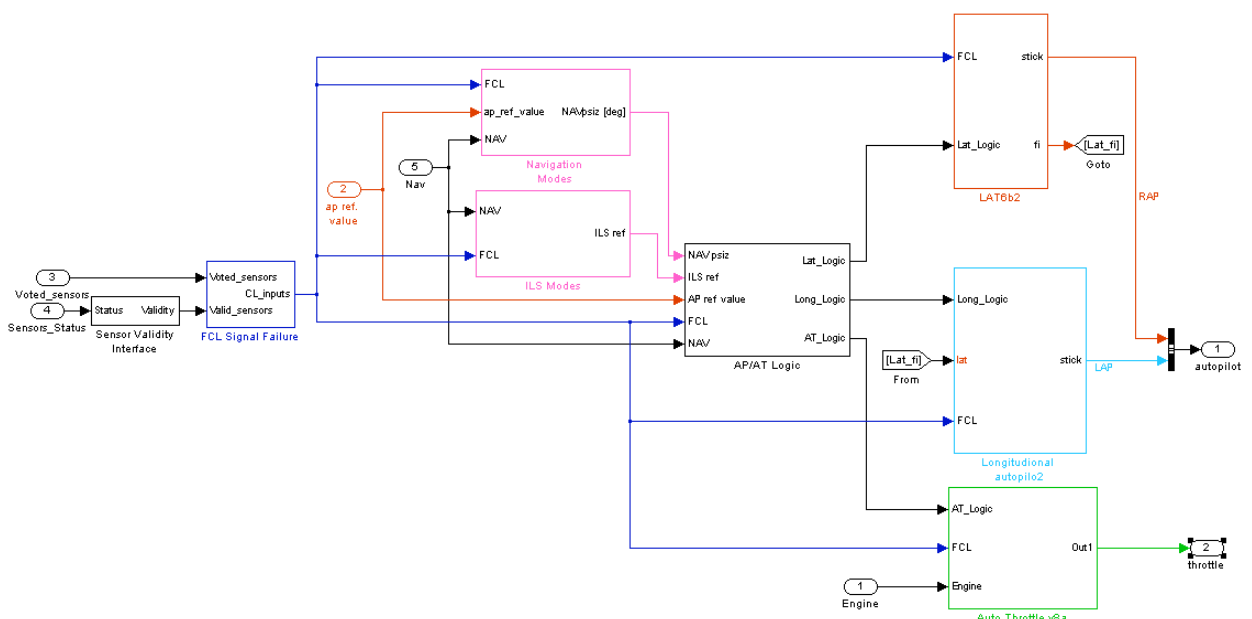
Rys.3. Rakieta przeciwczołgowa RAD-1

W zakresie prac nad symulacją układów i symulatorami pracownicy Zakładu uczestniczą w pracach ETC Aerospace Industries Ltd. Opracowane przez nich modele matematyczne wykorzystane są w symulatorach statków powietrznych (myśliwiec Su-22, śmigłowiec Sokół), i innych obiektów (elektrowóz, katapulta, czołg PT-91)

Międzynarodowe badania naukowe w ostatnich latach znacznie się rozwinęły dzięki udziałowi Wydziału MEiL w piątym, a obecnie szóstym Programie Ramowym Unii Europejskiej. W ramach tej Programu Ramowego Unii Europejskiej w Zakładzie wykonywane były cztery projekty.

Celem projektu ADFCS II Affordable Digital Fly-by-Wire Flight Control System for Small Commercial Aircraft (Second Phase) (Ekonomiczny cyfrowy układ typu fly-by-wire sterowania lotem dla małego samolotu ogólnego przeznaczenia) było opracowanie ekonomicznego systemu sterowania statkami powietrznymi, w którym sygnały do urządzeń wykonawczych przesyłane są przewodami elektrycznymi (system sterowania pośredniego — ang. fly-by-wire). Systemy takie stosowane są w dużych samolotach pasażerskich oraz w samolotach bojowych, dla których wymagania, co do kosztów, niezawodności i innych parametrów technicznych systemu są różne od wymagań dla samolotów cywilnych.

Zespół polski (we współpracy z zespołem z Zakładu Awioniki i Sterowania Politechniki Rzeszowskiej) opracował układ autopilota oraz układ automatycznego sterowania ciągiem silników dla całej obwiedni dopuszczalnych stanów lotu samolotu (rys.4).

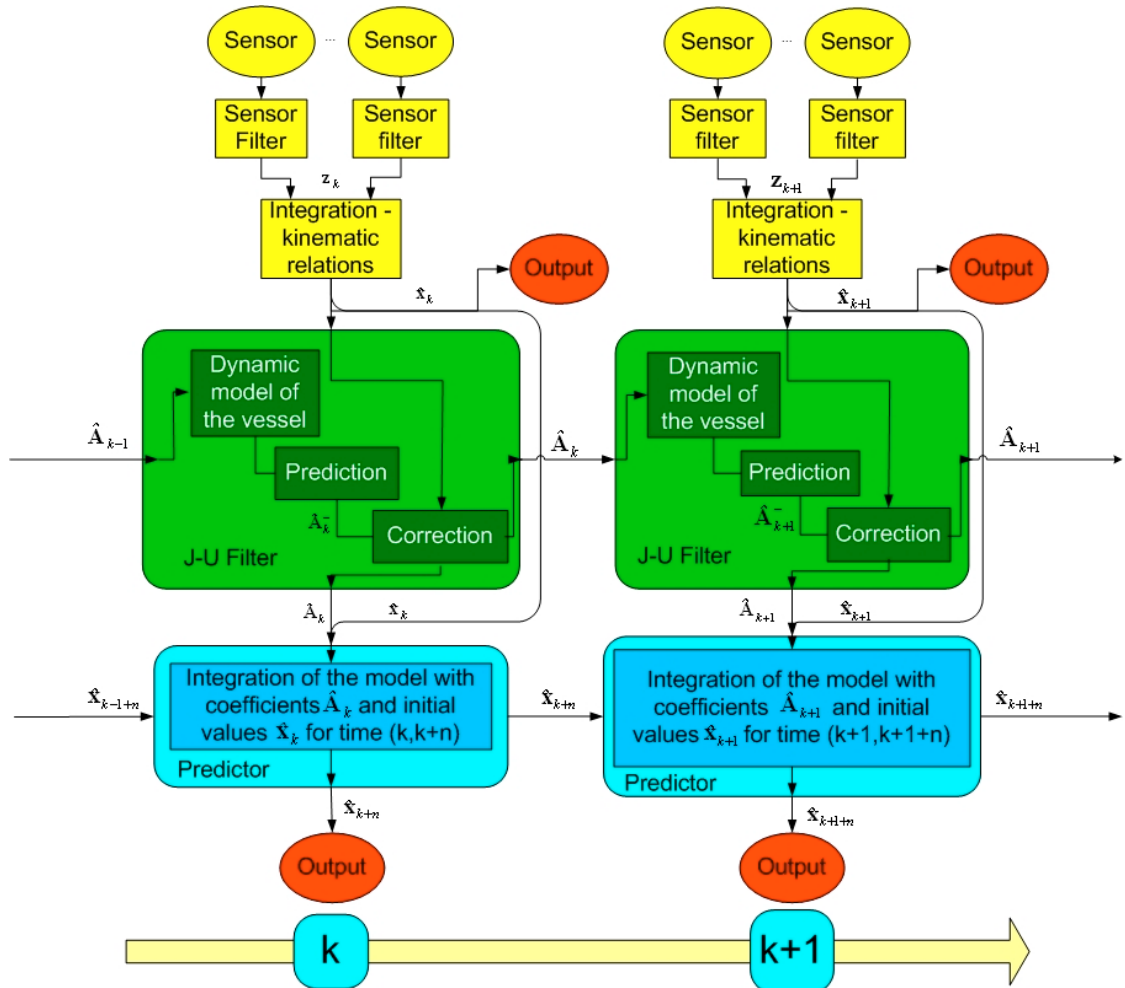


Rys.4. Schemat włączenia układu autopilota do systemu sterowania pośredniego – projekt ADFCS II

W ramach prac badawczych zaprojektowano strukturę, metody sterowania i algorytmy autopilota i układu sterowania ciągiem silników. Układy te wykorzystujące klasyczne prawa sterowania realizują wszystkie funkcje występujące w układach automatycznego sterowania oferowanych na rynku. Opracowane funkcje autopilota to: sterowanie podłużne w tym utrzymywanie kąta pochylenia, utrzymywanie wysokości, utrzymywanie prędkości pionowej, zmiana poziomu lotu, sterowanie prędkością kątową pochylenia oraz sterowania poprzeczne, w tym wybór i utrzymywanie kursu oraz utrzymywanie kąta przechylenia. Przewidziano także układ automatycznego lądowania wykorzystujący ILS wykorzystujący radiolatarnie kierunku oraz ścieżki schodzenia. Układ sterowania ciągiem silników realizuje dwa tryby pracy: utrzymywanie prędkości oraz utrzymywanie ciągu.

Opracowano modele układów nawigacyjnych AHRS, VOR, DME, ILS i GPS oraz tryby pracy autopilota realizujące sterowanie według GPS i VOR.

Wybrane funkcje opracowanych układów zostały sprawdzone w ramach dwu sesji na symulatorze w NLR, Amsterdam, Holandia i ocenione przez pilotów doświadczalnych. Ich ocena pozwoliła na wprowadzenie uprawnień do działania układu.



Rys.5. Schemat układu predykcji ruchu statku morskiego – projekt SEA-AHED

W projekcie SEA-AHED Simulation Environment and Advisory System for on-board Help, and Estimation of manoeuvring performance during Design (Środowisko symulacji i system doradczy wspomaganie pracy na pokładzie statku oraz oceny jego osiągnięć manewrowych w czasie projektowania) celem badań było udoskonalenie projektowania i eksploatacji statków morskich. Projekt w szczególności dotyczył opracowania nowych metod modelowania i symulacji ruchu statku morskiego w różnych warunkach pogodowych, przy różnym stopniu falowania i różnorodnych akwenach (żegluga oceaniczna, wąskie przejścia, płytkie i głębokie akweny). W procesie projektowania statku model symulacyjny jest wykorzystywany do przewidywania jego przyszłych właściwości morskich, a w czasie eksploatacji - na pokładzie statku - jako część układu doradczego kapitana / pilota w czasie żeglugi i manewrów portowych.

Skuteczność modelowania w znacznym stopniu zależy od eliminacji zakłóceń działających na obiekt, jakim

jest statek, w szczególności od minimalizacji błędów układów wyznaczania pozycji i zwiększenia dokładności metod predykcji ruchu. Badania te prowadzono w projekcie zarówno jako symulacje komputerowe, jak też badania morskie opracowanego układu.

Zespół polskich wykonawców miał za zadanie opracowanie metod i algorytmów filtracji sygnałów pochodzących z urządzeń nawigacyjnych oraz opracowanie metod predykcji ruchu statku. Opracowane algorytmy mogą być włączone do opracowanego przez innych członków konsorcjum układu doradczego dla kapitana (pilota) na pokładzie statku lub konstruktora korzystającego z modeli statku w trakcie jego projektowania. Istotnym elementem tej części projektu było modelowanie działania czujników układów nawigacyjnych. W tym celu zaproponowano badanie działania rzeczywistych urządzeń (GPS) w warunkach laboratoryjnych. W ramach prac badawczych zaprojektowano strukturę, metody obliczeń i algorytmy układu przetwarzającego wyniki pomiarów czujników układów nawigacyjnych, integrującego informacje z różnych źródeł i estymującego najlepszą pozycję statku, identyfikującego w czasie rzeczywistym parametry modelu ruchu statku i przewidującego jego ruch w przyszłości.

Po przeanalizowaniu stosowanych na statkach układów nawigacji wybrano zestaw czujników nawigacyjnych dla opracowanego układu. Zastosowano indywidualną filtrację sygnałów z tych czujników przy wykorzystaniu filtrów Kalmana. Kolejnym etapem prac była analiza metod integracji informacji nawigacyjnej z czujników pomiarowych. Dla wybranego zestawu czujników zaproponowano filtr Kalmana estymujący najlepszą pozycję i prędkość ruchu statku. Wynik analizy metod predykcji ruchu statku doprowadził do opracowania uproszczonego modelu ruchu statku – równań ruchu, w których niewiadome współczynniki identyfikowane są na podstawie napływających informacji z czujników nawigacyjnych. Równania te z aktualnymi w danej chwili czasu współczynnikami służą do predykcji ruchu statku w założonym horyzoncie czasowym.

Opracowano oprogramowanie realizujące opracowane metody i algorytmy oraz umożliwiające badania działania układu w różnych warunkach oraz porównanie z wynikami prób morskich statku. Układ działał prawidłowo dla otrzymanych od partnerów z konsorcjum danych z prób morskich.

W ramach 5 Programu Ramowego pracownicy Zakładu uczestniczą także w projekcie CAPECON — Civil UAV Applications and Economic Effectivity of Potential Configuration solutions w zakresie modelowania ruchu bezpilotowych śmigłowców w układzie klasycznym i współosiowym, a także w projekcie UAV-Net Civilian UAV Thematic Network: – Technologies, Applications, Certification prezentowane były prace z zakresu modelowania wiroplątów bezpilotowych.

W ramach prac nad układami nawigacji w Zakładzie (rys.6 i 7) badane były układy zintegrowane INS/GPS, które wykorzystywano w badaniach w locie własności lotnych śmigłowców [4].

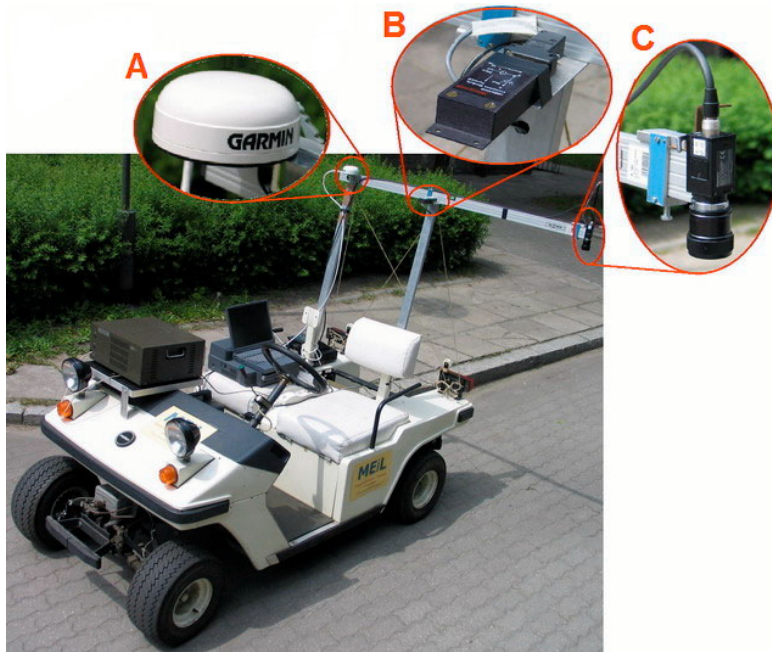


Rys.6. Miejsce zamocowania anteny GPS na śmigłowcu Mi-2



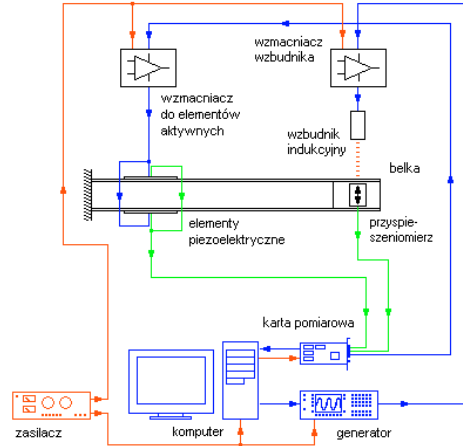
Rys.7. Urządzenie rejestrujące i odbiornik GPS zamocowane wewnątrz kadłuba

Przedmiotem badań są także układy nawigacji obserwacyjno-porównawczej (rys.8) wykorzystujący kamerę światła widzialnego [5]



Rys.8. Widok ogólny stanowiska badawczego układu nawigacji obserwacyjno-porównawczej  
 A – odbiornik GPS, B – sonda magnetorezystancyjna, C – kamera

W Zakładzie prowadzone są także prace z zakresu sterowania kształtu konstrukcji przy pomocy wielofunkcyjnych elementów aktywnych (ang. smart structure). Zbudowano stanowisko badawcze, w którym wykorzystywane są elementy piezoelektryczne wymuszające ruch konstrukcji belkowej (rys.9).



Rys.9. Stanowisko do badań sterowania kształtu konstrukcji



## 4. Koło Naukowe MELAVIO

Z Zakładem związane jest działanie Studenckiego Koła Naukowego Awioniki MELAVIO. W ramach działalności koła budowany jest mały samolot bezpilotowy "Milo" (rys.10). Po pierwszych oblotach planowane jest wyposażenie tego samolotu w aparaturę umożliwiającą automatyczne, autonomiczne sterowanie lotem.



Rys.10. Samolot bezpilotowy SKN MELAVIO

## 5. Zakończenie

Przedstawione przykłady badań naukowych prowadzonych w Zakładzie Automatyki i Osprzętu Lotniczego pokazują różnorodność problemów automatyki i dziedzin z nią związanych (nawigacji, sterowania, symulacji) spotykanych w lotnictwie. Wyraźnie przejawia się w ostatnich latach przenikanie metod opracowanych dla potrzeb lotnictwa do innych działów techniki: inżynierii morskiej, ruchu drogowego i kolejowego.

Dlatego w Zakładzie podjęto inicjatywę utworzenia Centrum Doskonałości Nawigacji i Sterowania — CO-NAV (CONtrol and NAVigation Centre of Excellence) dla zintensyfikowania współpracy różnych ośrodków badawczych z dziedzin związanych z nazwą Centrum.

## 6. Literatura

1. Łucjanek W., „Kształcenie inżynierów lotnictwa na Politechnice Warszawskiej rys historyczny”, Konferencja Lotnicza, Dęblin 2004 r.
2. Stupnicki J., „Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa”, materiały uzupełniające do wykładu na IV Zjeździe Absolwentów, 2000 r
3. Głębocki R., "Dynamika naprowadzania małych obiektów do celu przy użyciu raketowych silników korekcyjnych", Rozprawa Doktorska, Politechnika Warszawska, 2001
4. Gajda K., „Wykorzystanie układów nawigacji i orientacji przestrzennej w ocenie własności lotnych śmigłowców” Rozprawa Doktorska, Politechnika Warszawska 2004.
5. Zasuwa M., „Zintegrowany układ nawigacji obiektów ruchomych wykorzystujący metody obserwacyjno – porównawczej”, Rozprawa Doktorska, Politechnika Warszawska, 2004.

---

\*/ Kierownik Zakładu Automatyki i Osprzętu Lotniczego, Instytut Techniki Lotniczej i Mechaniki Stosowanej, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, Politechnika Warszawska