

SPECJALIZACJE INSTYTUTU LOTNICTWA – PRZEGLĄD I WNIOSKI

WITOLD WIŚNIEWSKI

Instytut Lotnictwa, Al. Krakowska 110/114, 02-256 Warszawa

witold.wisniowski@ilot.edu.pl

Streszczenie

W pracy dokonano przeglądu specjalności Instytutu Lotnictwa rozwijanych w ciągu 88 lat jego istnienia. Wyróżniono przyczyny powstawania specjalności oraz zaniku niektórych z nich. Zwrócono uwagę, że głównymi przyczynami rozwoju specjalizacji były potrzeby przemysłu powiązane z decyzjami strategicznymi władz państwowych, zaś w ostatnim okresie podjęcie na dużą skalę usług badawczych dla zagranicznych kontrahentów.

Słowa kluczowe: Instytut Lotnictwa, specjalizacje.

1. WSTĘP

Celem pracy jest przedstawienie dziedzin w jakich specjalizował się Instytut Lotnictwa w ciągu 88 lat działalności oraz przyczyn ich rozwoju i sukcesów.

2. SPECJALIZACJE INSTYTUTU LOTNICTWA

W wyniku przeglądu działalności Instytutu Lotnictwa wskazano następujące jego specjalizacje:

- badania w locie statków powietrznych
- projektowanie statków powietrznych
- badania i projektowanie silników
- osprzęt i wyposażenie
- agrolotnictwo
- aerodynamika
- badania materiałów
- badania struktur
- technologie kosmiczne
- technologie wydobywania ropy naftowej
- turbiny gazowe

3. BADANIA W LOCIE STATKÓW POWIETRZNYCH

Specjalizacja: „Badanie w locie statków powietrznych” była ściśle związana z powołaniem Instytutu Badań Technicznych Lotnictwa, protoplasty dzisiejszego Instytutu. Od 1926 roku w Instytucie działała, Stacja Badań w Locie. Zadaniem Stacji były: badania w locie i certyfikacja prototypów samolotów polskich, samolotów wykonanych na podstawie licencji, oraz zakupionych za granicą. W latach późniejszych „stacja” zmieniła nazwę na Zakład Badań w Locie.

Pierwszym badanym w 1926 roku samolotem był CWL WZ-X. W okresie międzywojennym na wyróżnienie zasługują badania: PZL P7 (1931), RWD – 5 bis (1933) (przelet nad Atlantykiem), RWD-8 (1933), PZL-11a (1933), RWD-9 (1934), PZL-24 (1934), PZL-11c (1935), PZL-42 (1936), PZL-37 Łoś (1938), PZL-44, PZL-46 Sum [10, 11, 14].

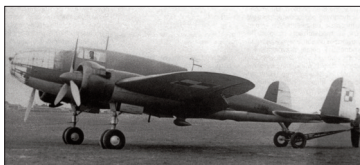
Po 1945 roku wykonano między innymi badania samolotów: Junak, TS-8 Bies (4 rekordy świata), TS-11 Iskra (4 rekordy świata), M-4 Tarpan, radziecki Tu-134A, I-22 Iryda, PZL-104 Wilga, I-23 Manager, śmigłowców: BŻ Żuk, BŻ Gil, SM-1, Mi-2 [11, 16, 9, 14].

W sumie w Zakładzie Badań w Locie zbadano ponad 200 statków powietrznych w tym w latach 1926 – 1939 około 140 samolotów i szybowców, czyli około 14 maszyn rocznie. W latach 1945 – 2005 około 70 samolotów, śmigłowców i szybowców [10].

W roku 2005, po 79 latach Zakład Badań w Locie Instytutu Lotnictwa został zlikwidowany w związku z brakiem zamówień oraz utratą dostępu do lotniska.



Fot. 1. Samolot CWL WZ-X



Fot. 2. Samolot PZL-37 Łoś



Fot. 3. Samolot MD- 12

4. PROJEKTOWANIE STATKÓW POWIETRZNYCH

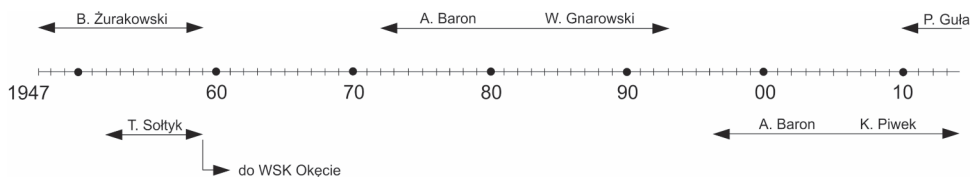
Projektowanie statków powietrznych jest zwykle domeną przemysłu. Kiedy jednak od początku lat pięćdziesiątych przemysł podjął produkcję licencyjną, zaś inżynierowie z przemysłu, obsługą tej produkcji, w Instytucie powstały biura konstrukcyjne.

Specjalność Instytutu: „Projektowanie statków powietrznych”, powstała w roku 1947, kiedy rozpoczęto prace nad eksperymentalnym śmigłowcem BŻ-Gil. Latem 1952 roku powstało biuro Tadeusza Sołtyka. Ulokowanie w Instytucie biur konstrukcyjnych umożliwiło tworzenie konstrukcji doświadczalnych.

W Instytucie Lotnictwa skonstruowano następujące statki powietrzne [1, 2, 3, 5, 6, 7, 14, 16]:

- BŻ GIL
- BŻ-4 Żuk
- Junak 3
- TS-8 Bies
- CSS-13 (wersja sanitarna)
- TS-11 Iskra
- Eksperymentalny LALA
- I-22 Iryda [2]
- I-23 Manager [1]
- ILX-27 śmigłowiec bezpilotowy

Obecnie w Instytucie projektuje się części skrzydeł samolotów pasażerskich, oraz śmigłowiec bezpilotowy ILX-27.



Rys. 1. Nazwiska Głównych Konstruktorów i okresy ich pracy w Instytucie Lotnictwa



Fot. 4. TS-11 Iskra



Fot. 5. I-22 Iryda



Fot. 6. ILX-27

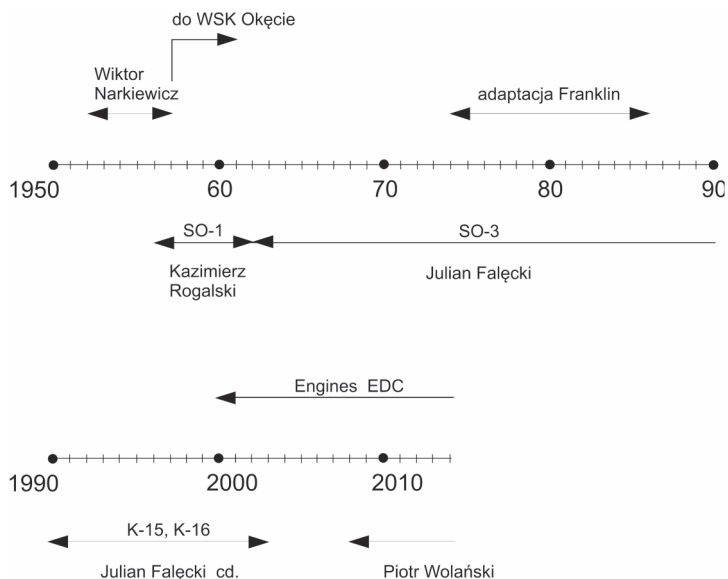
5. BADANIA I PROJEKTOWANIE SILNIKÓW

Specjalizacja w zakresie silników lotniczych powstała w Instytucie pod koniec lat dwudziestych. Celem badania silników była kontrola konstrukcji, badania silników w locie oraz w eksploatacji [11].

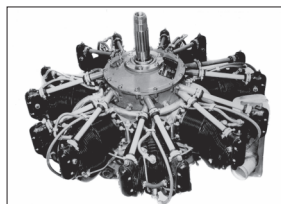
Projektowanie silników podobnie jak projektowanie statków powietrznych rozpoczęto po roku 1952. W Instytucie Lotnictwa powstały silniki: WN-3, SO-1, SO-3, K-15, K-16, D-18 [12].

Obecnie w Instytucie prowadzi się prace na rzecz silników GE, oraz nadzór konstruktorski nad częścią eksploatowanych na świecie silników produkcji GE.

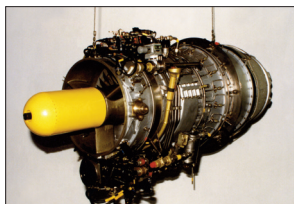
W ramach projektów badawczych UE budowany jest demonstrator silnika z detonacyjną komorą spalania [17].



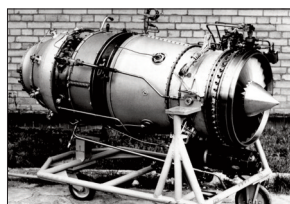
Rys. 2. Nazwiska Głównych Konstruktorów i okresy ich pracy w Instytucie Lotnictwa



Fot. 7. Silnik WN-3



Fot. 8. Silnik K-15



Fot. 9. Silnik D-18

6. OSPRZĘT I WYPOSARZENIE SAMOLOTÓW

Pod koniec lat dwudziestych istniał w Instytucie Lotnictwa Oddział Wyposażenia z działami:

- Przyrządów pokładowych
- Radio – lotniczym
- Elektro – lotniczym
- Foto – lotniczym

W roku 1946 utworzono Dział Osprzętu i Radia, który później stał się Zakładem Osprzętu Lotniczego i Urządzeń Satelitarnych [11].

W Instytucie projektowano i badano:

- osprzęt do myśliwskich samolotów odrzutowych Mig-15 (1952 – 1956)
- osprzęt w ramach projektów ; Junak, TS-8 Bies, MD-12, TS-11 Iskra, Mi-2, PZL-104 Wilga i szybowców w latach 1957 – 1966
- osprzęt w ramach projektów I-22 Iryda oraz W-3 Sokół w latach 1975 – 2005 [2]
- po roku 1995 osprzęt w ramach projektu I-23 Manager [1]

W ostatnich latach specjalizacja ta rozwija się dzięki usługom i partycypacji w krajowych i międzynarodowych projektach badawczych.

7. AGROLOTNICTWO

Początkiem specjalizacji „Agrolotnictwo” było opracowanie wersji rolniczej samolotu Piper L-4 na przełomie lat czterdziestych i pięćdziesiątych. W latach sześćdziesiątych badano licencyjną aparaturę na śmigłowcu Mi-1.

W roku 1970 powstał pomysł budowy samolotu rolniczego, który przeistoczył się w produkowany w WSK Okęcie samolot PZL-106 Kruk [11].

Równocześnie opracowano projekt wstępny samolotu M-14, w miejsce którego ZSRR zamówił zaprojektowanie w WSK Mielec samolotu M-15 [11].

W Instytucie podjęto na szeroką skalę prace projektowe i badawcze w zakresie aparatury agrolotniczej. W latach 1970 – 1980 opracowano w Instytucie aparaturę dla samolotów M-15, PZL-106 Kruk, M-18 Dromader oraz śmigłowca Mi-2 [7, 12].



Fot. 10. Samolot M-15



Fot. 11. Śmigłowiec Mi-2

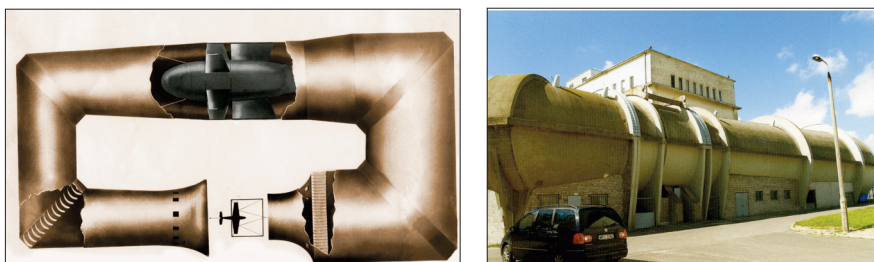
„Agrolotnictwo” zostało zaniechane kiedy Świat zrezygnował ze stosowania zabiegów agrolotniczych, zaś przemysł polski zrezygnował z produkcji samolotów rolniczych, chociaż istniała możliwość zmiany profilu produkcji na samoloty przeciwpożarowe.

8. AERODYNAMIKA

Początek specjalizacji Instytutu Lotnictwa w zakresie aerodynamiki jest związany z budową w roku 1948 tunelu o średnicy \varnothing 1,5 m. W latach 1949 – 1951 zbudowano tunel o średnicy \varnothing 5 m. W roku 1965 uruchomiono kolejny tunel aerodynamiczny naddźwiękowy o przestrzeni pomiarowej 600 x 600 mm i prędkości $V=1,2 - 3.5$ M. W roku 2014 przeprowadzono modernizację tunelu \varnothing 5 m w celu podwyższenia prędkości przepływu z 40 do 90 m/sek.

Pomimo rozwoju metod numerycznych nie zmniejszyło się zapotrzebowanie na badania w tunelach aerodynamicznych. W tunelach Instytutu Lotnictwa badano samoloty i śmigłowce projektowane w Kraju oraz szereg innych urządzeń przemysłowych.

Perspektywa dalszego rozwoju badań aerodynamicznych jest związana z usługami na światowym rynku badań.



Fot. 12. Tunel o średnicy \varnothing 5 m

9. BADANIA MATERIAŁÓW

Oddział Technologii i Materiałów Lotniczych został powołany pod koniec lat dwudziestych. Prowadzono w nim badania wytrzymałości metali, drewna, gumy, tworzyw sztucznych, tkanin i klejów oraz badania metalograficzne metali.

W 1947 roku rozpoczęły działalność: Pracownia Metali oraz Pracownia Niemetali.

W 1953 roku Zakład Metalografii – w związku z podjęciem w kraju produkcji materiałów lotniczych, zatrudnił 115 specjalistów.

W 1960 roku Pracownie Metali przeniesiono do Instytutu Mechaniki Precyzyjnej. Po włączeniu spawalnictwa utworzono ośrodek materiałów niemetalowych i technologii.

Rok 1967 – uruchomiono zakład doświadczalny w Lubowidzu dla rozpowszechniania stosowania tworzyw sztucznych w konstrukcjach lekkich.

W Instytucie Lotnictwa badano: gumy, tworzywa sztuczne, materiały metalowe, lakiery, kleje, ciecze hydrauliczne, przewody elektryczne, przewody hydrauliczne, klocki hamulcowe, przewody petroflex, wykonywano diagramy lepkości cieczy hydraulicznych, urządzenie do zmechanizowanego spawania obrotowego, metalowe i papierowe rdzenie komórkowe, autoklawowe klejenie metali, spawanie w atmosferze argonu, tworzywa sztuczne w konstrukcjach lekkich, przydatność tworzyw sztucznych w urządzeniach agrolotniczych.

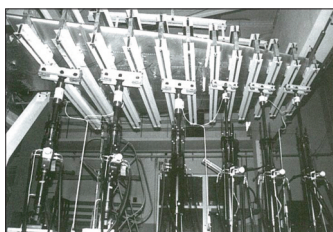
W roku 1992 – rozwiązano Zakład Inżynierii Materiałowej. Badania materiałów podporządkowano programowi I-22 Iryda następnie programowi budowy kompozytowego samolotu I-23 Manager, oraz śmigłowca ILX-27. W ramach tych programów opracowano wysokowytrzymałe dźwigary z włóknem węglowym, połączenia kompozytów z okuciami

metalowymi, technologie preimpregnatów, zerowanie ładunków elektrostatycznych w kompozytach, technologie wytworzenia łopatek z kompozytów węglowych.

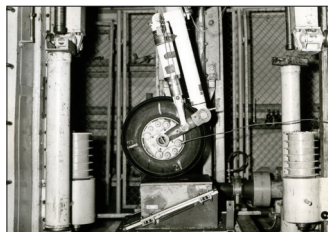
W roku 2004 utworzono Centrum Badań Materiałów i Konstrukcji, zainicjowane przez offset związany z zakupem samolotu F-16. W pracach Centrum dominują badania wysokowytrzymałych żaroodpornych stopów oraz wysokowytrzymałych kompozytów odpornych na krańcowe warunki środowiskowe

10. BADANIE STRUKTUR

Ta specjalizacja powstała w Instytucie pod koniec lat dwudziestych i niezmiennie, do dzisiaj obejmuje: badania wytrzymałości statycznej, badania wytrzymałości zmęczeniowej, badania drgań, badania środowiskowe statków powietrznych. W Instytucie Lotnictwa badano struktury prawie wszystkich statków powietrznych projektowanych i produkowanych w Kraju od lat dwudziestych do dnia dzisiejszego [4, 15, 11].



Fot. 13. Badania zmęczeniowe samolotu Mig-17



Fot. 14. Podwozia



Fot. 15. Próby rezonansowe szybowca

11. TECHNOLOGIE KOSMICZNE

W Instytucie Lotnictwa od lat pięćdziesiątych jedną ze specjalizacji są badania w zakresie technologii kosmicznych i raketowych [17].

W ramach tej specjalizacji opracowano w Instytucie Lotnictwa:

1. Specjalistyczne urządzenia satelitarne i naziemne w programie: Vega, Fobos, Interkosmos 9, Interkosmos 15, Interkosmos 19
 - radiospektrometry
 - generatory kanałowe
 - doplerowskie odbiorniki geodezyjne
 - analizatory widma małych częstotliwości

Badania zostały podjęte w ramach programów „Interkosmos”.

Ta część specjalizacji zanikła po przejściu części specjalistów do pracy w Centrum Badań Kosmicznych i przekazaniu tej tematyki do CBR.

2. Rakiety meteorologiczne

- Meteor 1
- Meteor 3
- Meteor 2

Prace podjęto na zamówienie PIHM w Krakowie (Prof. dr hab. inż. Jacek Walczewski)

Prace zostały zakończone w związku z przejściem badań meteorologicznych przez satelity.

3. Rakiety wojskowe

- pociski przeciwpancerne

- rakiety ziemia-ziemia

Badania podjęte na zamówienie Ministerstwa Obrony Narodowej. Badania przerwano po zakupieniu licencji na produkcję podobnych radzieckich rakiet.

4. Silniki strumieniowe

- napędy celów latających
- napędy wirników śmigłowców

Badania podjęto na fali ogólnoświatowej mody i oczekiwań. Przerwano je ze względu na zbyt duże koszty w stosunku do uzyskiwanych wyników.

5. Silniki pulsacyjne

Badania podjęto w ramach poszukiwania własnych krajowych możliwości rozwoju.

Przerwano je po stwierdzeniu braku możliwości ich dalszego rozwoju i zastosowania.

Obecnie w Centrum Technologii Kosmicznych Instytutu tworzy się:

1. Raketowe napędy kosmiczne

- opracowanie unikalnej technologii produkcji nadtlenu wodoru,
- opracowanie rodziny silników (demonstratorów technologii) na paliwo, nadtlenek wodoru oraz silników hybrydowych na paliwo stałe oraz nadtlenek wodoru,
- prowadzenie prac nad koncepcją napędu rakiety kosmicznej o udźwigu około 100 kg.

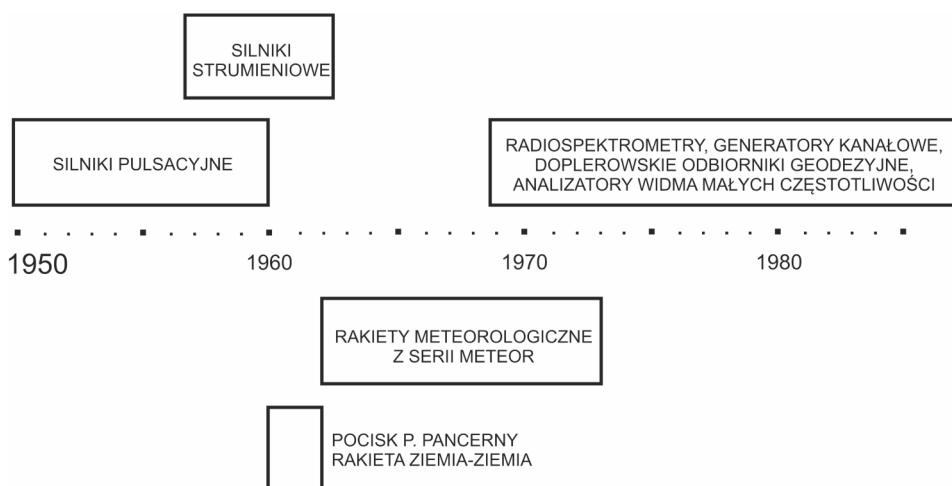
Badania zostały podjęte z inicjatywy własnej Instytutu. Kompleksowe podejście obejmowało opracowanie planu działania, zbadanie rynku, wykształcenie absolwentów i doktorantów (Prof. dr hab. inż. Piotr Wolański), remont hamowni i zakup nowego wyposażenia laboratoriów.

Badania są finansowane w ramach programów UE.

2. Pozyskiwanie i przetwarzanie obrazów

- Opracowanie własnych algorytmów analizy obrazów, opracowanie własnego systemu przekazywania obrazów przy pomocy kamer montowanych na bezpilotowcach, samolotach pilotowanych i wiatrakowcach. Badania mają na celu zastosowania cywilne i gospodarcze.

Badania zostały podjęte z inicjatywy podmiotów gospodarczych. Badania są finansowane w ramach programów UE oraz programu NCBR.



Rys. 3. Okresy trwania specjalizacji w latach 1950 – 1968

12. TECHNOLOGIE WYDOBYCIA ROPY NAFTOWEJ I GAZU

Specjalizacja w zakresie technologii wydobycia ropy naftowej została zainicjowana przez GE Oil and Gas. Po zbudowaniu jednego z największych na świecie laboratoriów testów Instytut świadczy usługi dla całego sektora naftowego GE.



Fot. 16. Budynek hali testów

13. TURBINY GAZOWE

Specjalizacja „Turbiny gazowe” została zainicjowana wykonaniem w 1957 projektu turbiny morskiej TM-1, która była dodatkowym napędem kutra torpedowego projektu 664. Turbina była modyfikacją silnika odrzutowego Lis-2A.



Fot. 17. Kuter torpedowy, projekt 664 [11]

Kolejną odsłoną specjalizacji „Turbiny gazowe” są badania prowadzone w ramach współpracy Instytutu Lotnictwa z General Electric po 2000 roku.

14. WNIOSKI

W Instytucie Lotnictwa od lat pięćdziesiątych jedną ze specjalizacji są badania w zakresie technologii kosmicznych i raketowych.

W historii Instytutu impulsami dla rozwoju i kreowania specjalizacji były wielkie programy które Instytut współtworzył lub w których realizacji uczestniczył.

Były to:

- program wyposażenia wojsk lotniczych w samoloty własnej konstrukcji i produkcji 1926 – 1939
- program uruchomienia produkcji licencyjnych samolotów Mig-15 oraz Mig-17 1952 – 1956
- projekty Junak, TS-8 Bies, MD-12, TS-11 Iskra, PZL Wilga, licencyjny Mi-2 oraz szybowce 1957- 1966

- projekty samolotu Iryda oraz śmigłowca W-3 Sokół 1975 – 2005
- program Samolotów Lekkich 1998 – do chwili obecnej
- EDC – strategiczna współpraca z General Electric oraz powstanie Centrum Badań Materiałów i Konstrukcji.

W okresie przedwojennym specjalizacje Instytutu zostały zdefiniowane przez „organ założycielski”. Specjalizacje te odpowiadały potrzebom Polskiego Przemysłu Lotniczego.

Dwa ostatnie z wymienionych „impulsów” nie były wynikiem bezpośrednich decyzji Rządu. Powstanie programu Samolotów Lekkich było inicjatywą własną Instytutu Lotnictwa podobnie jak współpraca z wiodącymi firmami europejskimi i amerykańskimi.

W 1945 – 2000 Polski Przemysł Lotniczy produkował głównie z licencji. Zaplecze techniczne przemysłu wspomagało wdrożenie i produkcję wyrobów licencyjnych. Projektowanie wyrobów własnych było możliwe głównie w biurach utworzonych w Instytucie Lotnictwa. Kilka z zaprojektowanych w Instytucie wyrobów doczekało się produkcji seryjnej.

Powodem niestabilności i niepowodzeń w kontynuowaniu projektowania w latach 1945 – 2000 był brak konsekwencji w dziedzinie utrzymania w stanie aktywności biur konstrukcyjnych i rozwojowej linii projektowej. Niszczenie biur konstrukcyjnych a potem ich odbudowywanie wynikało ze względów politycznych, bądź nieprzemysłanych pociągnięć organizacyjnych [4].

Po 2000 roku Zakłady Polskiego Przemysłu Lotniczego zostały zakupione przez światowe koncerny. Nowe wyroby są teraz tworzone w zorganizowanych ośrodkach lub w międzynarodowych konsorcjach.

Obecnie w Instytucie Lotnictwa prace projektowe prowadzi się na zamówienia firm europejskich i amerykańskich oraz w ramach europejskich i krajowych konsorcjów naukowych (prace o charakterze naukowym).

Badania prowadzone na rzecz strategicznych partnerów europejskich i amerykańskich przypominają w pewnym sensie badania prowadzone na rzecz Polskiego Przemysłu Lotniczego w okresie międzywojennym.

Specjalizacje utrzymujące się w całym okresie istnienia Instytutu Lotnictwa to: badania materiałów, badania struktur, badania silników oraz osprzęt i wyposażenie samolotów.

Utrzymanie i rozwój specjalizacji Instytutu w dziedzinie projektowania struktur i silników lotniczych stało się możliwe głównie dzięki podjęciu strategicznej współpracy z GE, w mniejszym stopniu dzięki grantom sponsorowanym przez UE.

Nowe specjalizacje Instytutu powstałe w latach powojennych to:

- aerodynamika (1948)
- projektowanie obiektów latających (1948)
- technologie raketowe i kosmiczne (1952)
- turbiny gazowe (1957)
- urządzenia do wydobycia ropy naftowej i gazu (2007)

Zaniechane lub zlikwidowane zostały ważne i znane specjalizacje Instytutu Lotnictwa

- badania w locie: w roku 2005 z powodu braku nowych uruchomień
- agrolotnictwo – z powodu zaniechania stosowania lotniczych zabiegów agrolotniczych.

LITERATURA

- [1] Baron A. (2012), Samolot osobowy I-23 "Manager" Wybrane problem badawcze, Biblioteka historyczna Instytutu Lotnictwa nr 8, Wydawnictwa Instytutu Lotnictwa, Warszawa
- [2] Baron A. (2010), Samolot szkolno-bojowy I-22 „Iryda”, Biblioteka historyczna Instytutu Lotnictwa nr 4, Wydawnictwa Instytutu Lotnictwa, Warszawa
- [3] Chojecki J., Oleksiak J. (2013), Mieleckie samoloty na niebie świata, Biblioteka historyczna Instytutu Lotnictwa nr 10, Wydawnictwa Instytutu Lotnictwa, Warszawa
- [4] Dębski M., Dębski D. (2014), Wybrane zagadnienia wytrzymałości zmęczeniowej konstrukcji lotniczych, Biblioteka naukowa Instytutu Lotnictwa nr 36, Wydawnictwa Instytutu Lotnictwa, Warszawa
- [5] Gnarowski W. (w druku), Rozprawa doktorska, Wydawnictwa Instytutu Lotnictwa, Warszawa
- [6] Goraj Z. (2001), Dynamika i aerodynamika samolotów manewrowych z elementami obliczeń, Biblioteka naukowa Instytutu Lotnictwa nr 13, Wydawnictwa Instytutu Lotnictwa, Warszawa
- [7] Grzegorzewski J., Królikiewicz T. (2006), 80 lat Instytutu Lotnictwa, Wydawnictwa Instytutu Lotnictwa, Warszawa
- [8] Jeż M. (2008), Silniki spalinowe zasady działania i zastosowania, Biblioteka naukowa Instytutu Lotnictwa nr 28, Wydawnictwa Instytutu Lotnictwa, Warszawa
- [9] Jędrzejewski J., (2001), Próby w locie samolotów lekkich, Biblioteka naukowa Instytutu Lotnictwa nr 16, Wydawnictwa Instytutu Lotnictwa, Warszawa
- [10] Jędrzejewski J. (2014), Polscy piloci doświadczalni, Biblioteka historyczna Instytutu Lotnictwa nr 11, Wydawnictwa Instytutu Lotnictwa, Warszawa
- [11] Królikiewicz T. (2012), Wybrane zagadnienia z historii Instytutu Lotnictwa, Biblioteka historyczna Instytutu Lotnictwa nr 6, Wydawnictwa Instytutu Lotnictwa, Warszawa
- [12] Królikiewicz T. (2011), 85 lat Instytutu Lotnictwa, Wydawnictwa Instytutu Lotnictwa, Warszawa
- [13] Łapucha R., (2004), Komory spalania silników turbinowo-odrzutowych, Biblioteka naukowa Instytutu Lotnictwa nr 21, Wydawnictwa Instytutu Lotnictwa, Warszawa
- [14] Wiśniewski M., Witkowski R. (2010), Badania w locie w Instytucie Lotnictwa, Biblioteka historyczna Instytutu Lotnictwa nr 3, Wydawnictwa Instytutu Lotnictwa, Warszawa
- [15] Wiśniewski W. (2008), Badania rezonansowe obiektów latających – metody i analiza wyników, Prace Instytutu Lotnictwa, 209.
- [16] Witkowski R., (1998), Wprowadzenie do wiedzy o śmigłowcach, Biblioteka naukowa Instytutu Lotnictwa nr 8, Wydawnictwa Instytutu Lotnictwa, Warszawa
- [17] Wolański P., (2014), Technologie kosmiczne w Instytucie Lotnictwa, Prace Instytutu Lotnictwa, 234.

**SPECIALIZATIONS OF THE INSTITUTE OF AVIATION
– REVIEW AND CONCLUSIONS***Abstract*

The paper is a review of the specializations of the Institute of Aviation developed within 88 years of its existence. It enumerates the causes of creating some specializations and disappearance of some of them. It was noted that the main causes of specialization development were the needs of industry related to strategic decisions of state authorities, while recently it has been caused by undertaking research services for foreign contractors on a large scale.

Keywords: Institute of Aviation, specializations.