

Łukasiewicz
Instytut
Lotnictwa

# TECHNOLOGIE LOTNICZE



# SPIS TREŚCI


OGÓLNE INFORMACJE O FIRMIE

1 OFERTA
2 AERODYNAMIKA
18 KONSTRUKCJE LOTNICZE
20 SYSTEMY TRANSPORTU
22 ORGANIZACJA PROJEKTUJĄCA, PRODUKUJĄCA I OBSŁUGOWA
29 AWIONIKA
36 BADANIA ŚRODOWISKOWE KONSTRUKCJI LOTNICZYCH
43 SILNIKI I NAPĘDY
64 BADANIA PODWOZI
76 BADANIA DRGAŃ I BADANIA AKUSTYCZNE
82 TECHNOLOGIE KOMPOZYTOWE
90 TELEDETEKCJA
92 WSPÓŁPRACA

KONTAKT

# OGÓLNE INFORMACJE O FIRMIE

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa należy do najnowocześniejszych placówek badawczych w Europie o tradycjach sięgających 1926 roku. Instytut ściśle współpracuje ze światowymi potentatami przemysłu lotniczego oraz instytucjami z branży kosmicznej. Strategicznymi obszarami badawczymi Instytutu są technologie lotnicze, kosmiczne oraz bezzałogowe. Prowadzone są tutaj także badania i usługi dla przemysłu krajowego i zagranicznego w zakresie technologii materiałowych i kompozytowych, przyrostowych, teledetekcyjnych, energetycznych oraz wydobywczych. Sieć Badawczą Łukasiewicz - Instytut Lotnictwa tworzy siedem centrów badawczych:

- CENTRUM TECHNOLOGII LOTNICZYCH
  opracowuje technologie dedykowane do projektowania, realizacji badań aerodynamicznych i certyfikacji samolotów.

- CENTRUM TECHNOLOGII KOSMICZNYCH
  prowadzi prace badawczo-rozwojowe w zakresie napędów kosmicznych, technologii rakietowych, badań systemów satelitarnych i teledetekcji.

- CENTRUM TECHNOLOGII BEZZAŁOGOWYCH
  prowadzi prace badawczo-rozwojowe w zakresie bezzałogowych statków powietrznych i systemów antydronowych.

- CENTRUM BADAŃ MATERIAŁÓW I KONSTRUKCJI
  oferuje badania materiałowe oraz badania elementów konstrukcji w szerokim zakresie obciążeń i temperatur, a dzięki dużej liczbie certyfikowanych stanowisk badawczych, jest regionalnym liderem w dziedzinie badań zmęczeniowych i wytrzymałościowych.

- CENTRUM TECHNOLOGII KOMPOZYTOWYCH
  dostarcza rozwiązania w zakresie technologii kompozytowych i testów materiałów kompozytowych dla przemysłu lotniczego i kosmicznego.

- ENGINEERING DESIGN CENTER
  to wspólne przedsięwzięcie General Electric Company Polska Sp. z o. o. i Sieci Badawczej Łukasiewicz - Instytutu Lotnictwa. Centrum oferuje usługi projektowe oraz badawczo-rozwojowe w obszarze lotnictwa, energetyki gazowej oraz energii odnawialnej.

- CENTRUM USŁUG INŻYNIERSKICH
  zapewnia wsparcie w zakresie inżynierii mechanicznej i cieplnej strategicznych projektów badawczo-rozwojowych.



# OFERTA

Głównym obszarem działań Sieci Badawczej Łukasiewicz - Instytutu Lotnictwa w zakresie technologii lotniczych jest świadczenie usług badawczo-rozwojowych oraz wspieranie rozwoju przemysłu. Prace teoretyczne, projektowo-obliczeniowe oraz laboratoryjne to elementy, które wyróżniają Instytut na rynku wśród światowych liderów. Wysokiej klasy infrastruktura, doświadczona kadra i młode talenty zapewniają jakość oraz pozwalają na dostarczanie przełomowych rozwiązań.

Oferta w zakresie technologii lotniczych:

- Badania eksperymentalne i obliczeniowe w zakresie aerodynamiki.
- Projektowanie struktur lotniczych metalowych i kompozytowych.
- Projektowanie i testowanie urządzeń awionicznych.
- Projektowanie komponentów silników lotniczych.
- Badania zaawansowanych napędów (BLI, RDE).
- Projektowanie statków powietrznych.
- Wsparcie w procesie certyfikacji statków powietrznych.
- B+R w zakresie systemów transportu lotniczego.
- Projektowanie hybrydowych systemów napędowych.

# AERODYNAMIKA

Dział Aerodynamiki w Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytucie Lotnictwa posiada wykwalifikowaną kadrę naukowo-techniczną, a także szerokie doświadczenie naukowo-badawcze w prowadzeniu ekspertyz z zakresu aerodynamiki oraz mechaniki lotu zarówno dla cywilnych, jak i wojskowych samolotów i śmigłowców. Zakres działalności Działu Aerodynamiki obejmuje prowadzenie prac badawczo-rozwojowych realizowanych na potrzeby gospodarki i przemysłu, w tym w szczególności dla:

- Lotnictwa.
- Motoryzacji.
- Budownictwa.
- Energetyki.
- Technologii kosmicznych.
- Przemysłu stoczniowego.
- Przemysłu zbrojeniowego.
- Przemysłu kolejowego.
- Sportu.

Struktura Działu Aerodynamiki obejmuje:

- Laboratorium Badań Aerodynamiczych.
- Sekcję Aerodynamiki Obliczeniowej.
- Sekcję Akustyki.

## LABORATORIUM BADAŃ AERODYNAMICZNYCH (AKREDYTACJA AB129)

W ramach swojej działalności Laboratorium prowadzi unikatowe w skali krajowej i międzynarodowej prace naukowe oraz badawczo-rozwojowe w zakresie aerodynamiki stosowanej. Laboratorium posiada na wyposażeniu 4 tunele aerodynamiczne, w tym największy tunel aerodynamiczny w środkowo-wschodniej części Europy.
Infrastruktura badawcza należy do najbardziej zaawansowanych w obszarze aerodynamiki stosowanej na świecie. Prowadzone eksperymenty umożliwiają projektowanie i optymalizację nowych oraz istniejących konstrukcji lotniczych. Przeprowadzane w Laboratorium modernizacje stanowią odpowiedź na zapotrzebowanie rynku międzynarodowego w zakresie mechaniki płynów oraz wysokich wymagań sektorów gospodarki i przemysłu.

Zakres prowadzonych prac obejmuje:

- Badania aerodynamiczne na potrzeby polskiego i zagranicznego przemysłu lotniczego.
- Działania naukowo-badawcze w zakresie aerodynamiki stosowanej w ramach Europejskich Programów Ramowych.
- Realizację rynkowych usług badawczych dla klientów krajowych i zagranicznych, ścisłą współpracę z potentatami branży lotniczej, uczelniami technicznymi i jednostkami z sektora B+R.

W Laboratorium Badań Aerodynamicznych zostały wdrożone i funkcjonują:

- System Zarządzania Jakością zgodny z wymaganiami normy PN-EN ISO 9001:2015.
- System Zarządzania Laboratoriów zgodny z wymaganiami normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-2 poparty Certyfikatem Akredytacji Nr AB 129 przyznanym przez Polskie Centrum Akredytacji.
- Kryteria Wewnętrznego Systemu Kontroli WSK.
- Techniczne wyniki badań uzyskane w laboratorium są uznawane zarówno przez International Standard Organization ISO jak i przez International Laboratory Accreditation Cooperation ILAC.

Laboratorium Badań Aerodynamicznych od 22 października 1997 roku posiada Certyfikat Akredytacji Nr AB 129 wydawany przez Polskie Centrum Akredytacji.





## INFRASTRUKTURA LABORATORIUM BADAŃ AERODYNAMICZNYCH

Laboratorium Badań Aerodynamicznych dysponuje nowoczesnym sprzętem pomiarowym pozwalającym na przeprowadzenie unikalnych badań na najwyższym poziomie.

| | | |
|---|---|---|
| Pomiary ciśnieniowe | DTC Initium | Do 512 punktów pomiaru ciśnienia z częstotliwością do 650 Hz |
| Pomiary wagowe | Zestaw wag aerodynamicznych | Pomiar sił do 14 000 N i momentów do 3000 Nm |
| Pomiary wizualizacyjne | 3D PIV - DANTEC DYNAMICS | Pomiar z wykorzystaniem anemometrii obrazowej w zakresie prędkości 0-90 m/s i 0.2-2.5 M |

Do pomiarów ciśnieniowych wykorzystywane są dwa nowoczesne wielokanałowe systemy DTC Initium firmy Measurements Specialies (dawniej Pressure Systems Incorporated) służące do pomiarów ciśnienia w maksymalnie 512 punktach (po 256 kanałów) z częstotliwością do 650 Hz dla każdego kanału. Do pomiarów wagowych wykorzystywane są różnego typu tensometryczne wagi aerodynamiczne zróżnicowane pod względem konstrukcji, liczby osi pomiarowych, zakresu pomiarowego i sposobu mocowania.

Najnowszym systemem pomiarowym w Laboratorium Badań Aerodynamicznych jest wielokanałowy system National Instruments oparty o architekturę PXIe bazujący na 18-slotowej obudowie PXIe-1085 o przepustowości do 12 GB/s sterowany kontrolerem PXIe-8135 z macierzą dyskową NI 8260. W obudowie zainstalowano wielokanałowe karty pomiarowe o architekturze PXIe służące do pomiarów wartości napięć, prądów, temperatur, przyspieszeń i sił.

Laboratorium Badań Aerodynamicznych przeprowadza wizualizacje opływu obiektów badanych poprzez pomiar dwuwymiarowego pola prędkości przepływającego powietrza w tunelach niskich oraz wysokich prędkości za pomocą techniki anemometrii obrazowej – PIV. Laboratorium dysponuje PIV: 2D2C (2D – dwa wymiary, 2C – dwie składowe prędkości w płaszczyźnie), 2D3C (2D – dwa wymiary, 3C – trzy składowe prędkości w płaszczyźnie, Stereo-PIV) oraz 3D3C (3D – trzy wymiary, 3C trzy składowe prędkości w objętości – pomiary wolumetryczne). Do pomiarów trójwymiarowej anemometrii obrazowej (PIV 3D) wykorzystywany jest system firmy Dantec Dynamics AS, zakupiony w 2013 roku, oparty o specjalistyczny laser Dantec Dynamics DualPower 425-10 PIV o mocy 425 mJ dla fali 532 nm na wnękę i częstotliwości 10 Hz z ramieniem optycznym o długości 2000 mm, z zestawem kamer Dantec Dynamics HiSense 610 wyposażonym w doskonałe obiektywy firmy Canon oraz najnowszym oprogramowaniem Dynamic Studio 4.10.



Laboratorium posiada na wyposażeniu 4 tunele aerodynamiczne:

## TUNEL AERODYNAMICZNY MAŁYCH PRĘDKOŚCI T-3 (5 M)

Zmodernizowany w 2015 roku tunel aerodynamiczny małych prędkości T-3 jest tunelem o obiegu zamkniętym, ciągłego działania, z otwartą przestrzenią pomiarową o średnicy 5 metrów i długości 6,5 metra. Wymiary, moc silnika (5,6 MW) i prędkość przepływu powietrza (100 m/s) pozwalają zaliczyć tunel T-3 do światowej czołówki tuneli aerodynamicznych małych prędkości.

Dodatkowo tunel aerodynamiczny T-3 wyposażony jest w innowacyjną instalację przepływu wtórnego o średnicach IPW400, IPW150, IPW80, IPW50 pozwalającą uzyskać dodatkowy przepływ powietrza o maksymalnym wydatku masowym odpowiednio 45 kg/s, 6kg/s, 2 kg/s, 1kg/s oraz Instalację Przepływów Podciśnieniowych IPP. Instalacja IPW80 oraz IPW50 pozwala również na podwyższenie temperatury czynnika roboczego do 270°C. Unikatowa instalacja umożliwia prowadzenie testów przepływów wewnętrznych elementów silników lotniczych lub ich modeli w warunkach symulowanego startu i lądowania z uwzględnieniem podwyższonej temperatury gazów wylotowych.



| Parametr | Wartość |
|---|---|
| Wymiary przestrzeni pomiarowej – średnica | 5 m |
| Wymiary przestrzeni pomiarowej – długość | 6,5 m |
| Czynnik roboczy | Powietrze |
| Maksymalna prędkość czynnika roboczego | 100 m/s |
| Maksymalny wydatek przepływu wtórnego IPW400 | 45 kg/s |
| Maksymalny wydatek przepływu wtórnego IPW150 | 6 kg/s |
| Maksymalny wydatek przepływu wtórnego IPW80 | 2 kg/s |
| Maksymalny wydatek przepływu wtórnego IPW50 | 1 kg/s |
| Maksymalna temperatura czynnika roboczego z IPW80, IPW50 | Regulowana do 270°C |
| Maksymalny wydatek przepływu podciśnieniowego IPP | Do 3 kg/s |

Obiektami badanymi w tunelu T-3 mogą być:

- Modele statków powietrznych o rozpiętości skrzydeł do 4 m.
- Obiekty nieopływowe o wysokości do 3 m.
- Obiekty przekroju poprzecznym (prostopadłym do kierunku przepływu) do 2,5 m².
- Modele wirników o średnicy do 3 m.







## TRISONICZNY TUNEL AERODYNAMICZNY N-3

Unikatowy trisoniczny tunel aerodynamiczny N-3 rozpoczął pracę w 1965 roku. Jest to tunel typu wydmuchowego, a dzięki zastosowaniu ężektora ciśnieniowego z częściową recyrkulacją powietrza, może pracować w trzech reżimach prędkości tj. pod-, około- i naddźwiękowym (zakres uzyskiwanych liczb Macha M = 0,2–2,3). Tunel zasilany jest z dwóch kulistych zbiorników sprężonego powietrza o objętości łącznej wynoszącej 2880 m³ i maksymalnym ciśnieniu 7 atm. Powietrze sprężane jest sprężarkami o mocy łącznej do 2000 KW, odpowiednio oczyszczone i osuszone. Średni czas pracy tunelu wynosi:

- Dla naddźwiękowych liczb Macha około 3 minut.
- Dla około-dźwiękowych liczb Macha około 5 minut.
- Dla poddźwiękowych liczb Macha M = 0,3–0,5 do kilkunastu minut.

Pomiary wykonywane są w komorze pomiarowej o przekroju poprzecznym 0,6 x 0,6 m, co klasyfikuje tunel, jako największy i najszybszy obiekt w Polsce.

| Parametr | Wartość |
|---|---|
| Wymiary przestrzeni pomiarowej – wysokość x szerokość | 0,6 m x 0,6 m |
| Wymiary przestrzeni pomiarowej – długość | 1,5 m |
| Czynnik roboczy | Powietrze |
| Prędkość czynnika roboczego | M = 0,2–2,3 |

Zakres działalności badawczej tunelu N-3 to:

- Ciśnieniowe i wagowe badania tunelowe modeli statków powietrznych, pomiar ich charakterystyk aerodynamicznych i rozkładów ciśnienia.
- Pomiary obciążeń aerodynamicznych na elementach modeli samolotów takich jak skrzydła, stateczniki poziome i pionowe, powierzchnie sterowe, podwieszenia, itp.
- Pomiary momentu zawiasowego na elementach sterowych.
- Badania granic początku występowania buffetingu i jego intensywności w szerokim zakresie prędkościach przepływu.
- Wizualizacje przepływu metodami: anemometrii obrazowej (PIV), olejową oraz Schlierena (monochromatyczna i kolorowa).
- Badania tunelowe charakterystyk aerodynamicznych profili.
- Ciśnieniowe pomiary wielkości nieustalonych z układem wymuszającym ruchy oscylacyjne.







## TUNEL AERODYNAMICZNY T-1 (1,5 M)

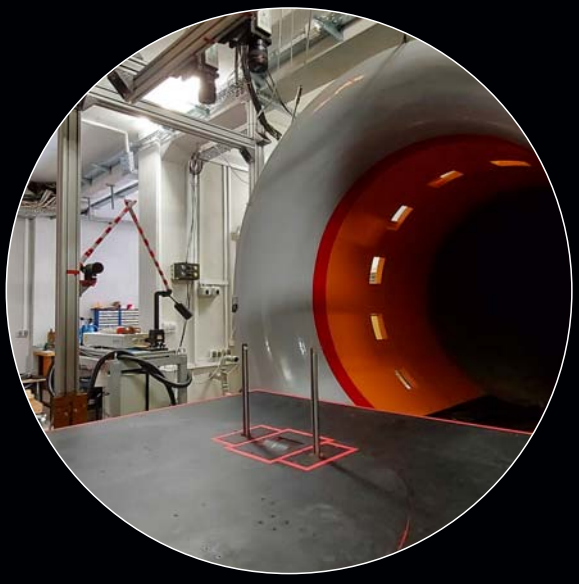
Tunel aerodynamiczny małych prędkości T-1 jest tunelem o obiegu zamkniętym, ciągłego działania z otwartą przestrzenią pomiarową o średnicy 1,5 m i długości 2,4 metra. Maksymalna prędkość czynnika roboczego to 45 m/s.

| Parametr | Wartość |
|---|---|
| Wymiary przestrzeni pomiarowej – średnica | 1,5 m |
| Wymiary przestrzeni pomiarowej – długość | 2,4 m |
| Czynnik roboczy | Powietrze |
| Maksymalna prędkość czynnika roboczego | 45 m/s |

Zakres działalności badawczej tunelu T-1 dotyczy:

- Badań wagowych oraz rozkładu ciśnienia na modelach samolotów, śmigłowców, pojazdów szynowych, kołowych i ich elementów.
- Optymalizacji geometrii klap i ich położenia.
- Optymalizacji momentów zawiasowych dla lotek i sterów.
- Wizualizacji przepływu metodami anemometrii obrazowej (PIV), nitkową oraz przy użyciu fluoroscencyjnych mini-nitek i oświetlenia UV.
- Dymowej wizualizacji przepływu.







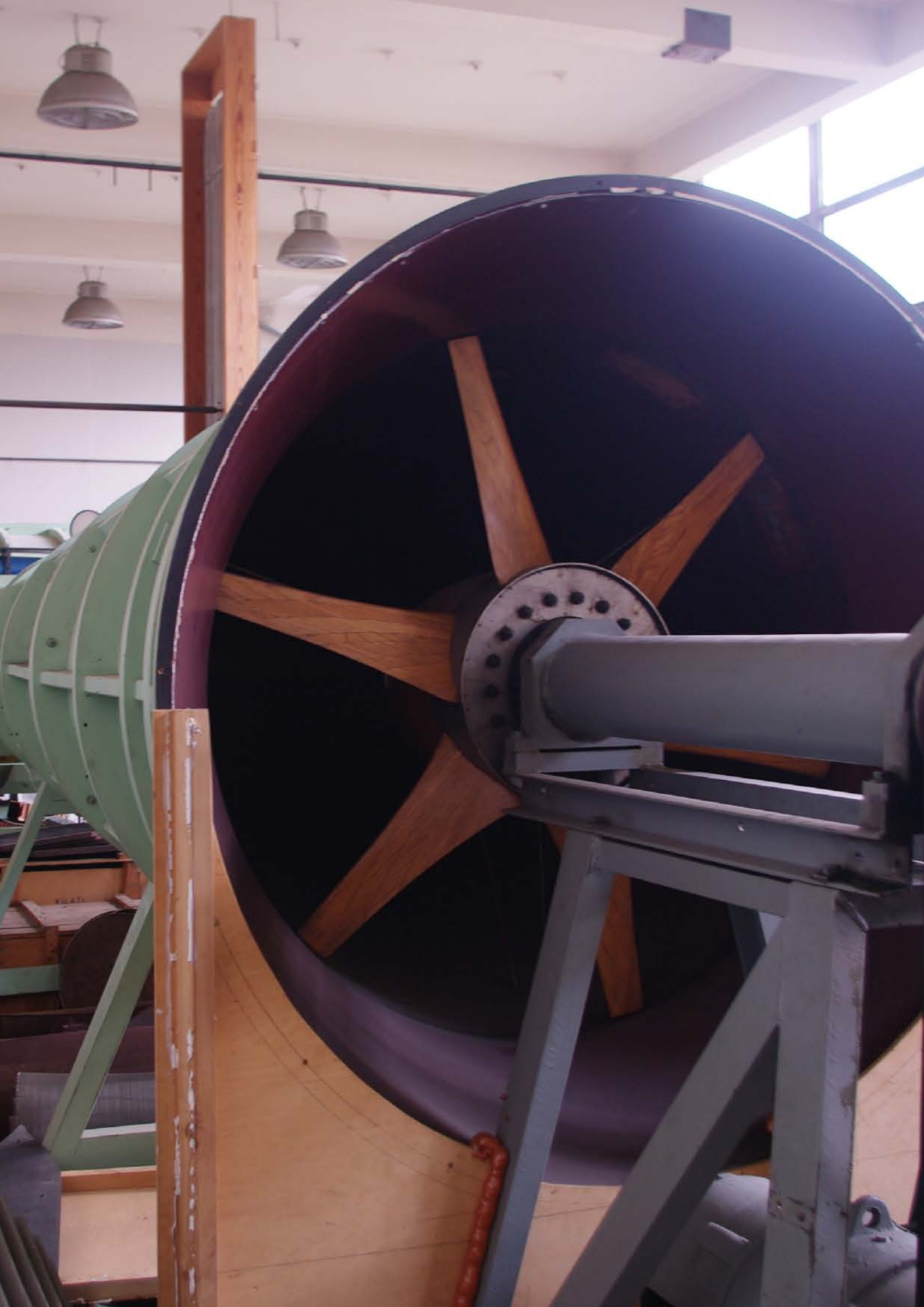
## TUNEL AERODYNAMICZNY MAŁEJ TURBULENCJI TMT

Tunel aerodynamiczny małej turbulencji TMT jest tunelem atmosferycznym o obiegu otwartym z dwoma połączonymi zamkniętymi i prostokątnymi przestrzeniami pomiarowymi. Tunel ten jest wyposażony w dwa silniki prądu stałego o mocach 5,1 kW i 64 kW wykorzystywane w zależności od zadanej prędkości pomiarowej czynnika roboczego.

Zakres działalności badawczej tunelu TMT dotyczy:

- Badań wagowych oraz rozkładu ciśnienia na modelach samolotów, śmigłowców, pojazdów szynowych, kołowych i ich elementów.
- Optymalizacji geometrii klap i ich położenia.
- Optymalizacji momentów zawiasowych dla lotek i sterów.
- Wizualizacji przepływu metodami anemometrii obrazowej (PIV), nitkową oraz przy użyciu fluoroscencyjnych mini-nitek i oświetlenia UV.
- Dymowej wizualizacji przepływu

| Parametr | Wartość |
|---|---|
| Wymiary przestrzeni pomiarowej numer 1 – wysokość x szerokość | 0,5 m x 0,65 m |
| Wymiary przestrzeni pomiarowej numer 1 – długość | 1,3 m |
| Wymiary przestrzeni pomiarowej numer 2 – wysokość x szerokość | 1,75 m x 2,28 m |
| Wymiary przestrzeni pomiarowej numer 2 – długość | 1,3 m |
| Czynnik roboczy | Powietrze |
| Maksymalna prędkość czynnika roboczego w przestrzeni pomiarowej numer 1 | 85 m/s |
| Maksymalna prędkość czynnika roboczego w przestrzeni pomiarowej numer 2 | 8 m/s |
| Regulowana intensywność turbulencji w zakresie: | 0.1%<τ(tau) τ(tau)<0,03% |



## SEKCJA AERODYNAMIKI OBLICZENIOWEJ

Sekcja Aerodynamiki Obliczeniowej w Łukasiewicz – Instytucie Lotnictwa jest wiodącym w Polsce centrum prowadzącym prace projektowe i analizy z wykorzystaniem metod i technik obliczeniowych (CFD). W pracowni zatrudnieni są wysokiej klasy specjaliści z zakresu aerodynamiki numerycznej oraz projektowania i optymalizacji konstrukcji lotniczych. W pracach badawczych i projektowych wykorzystywane jest zarówno oprogramowanie własne, jak i komercyjne.

### Projektowanie i optymalizacja

Podstawowe narzędzia do projektowania i optymalizacji to opracowane i zaimplementowane w pracowni:

- Metodyka parametryzacji obiektów pod kątem projektowania i optymalizacji ich własności aerodynamicznych.
- Metodyka wielokryterialnego i multidyscyplinarnego projektowania i optymalizacji bazująca na algorytmach genetycznych oraz metamodelach.
- Metodyka projektowania eksperymentu.

Podstawowy zakres działalności:

- Budowa modeli parametrycznych obiektów do badań i optymalizacji (profil, skrzydło, kanał dolotowy silnika, dysza wylotowa silnika, itp.).
- Projektowanie profili lotniczych.
- Wielokryterialne i multidyscyplinarne projektowanie samolotów oraz jego elementów.
- Aerodynamiczne projektowanie kanałów przepływowych.
- Aerodynamiczne projektowanie wirnika nośnego śmigłowca.
- Projektowanie śmigieł, wirników elektrowni wiatrowych, itp.

### Analizy

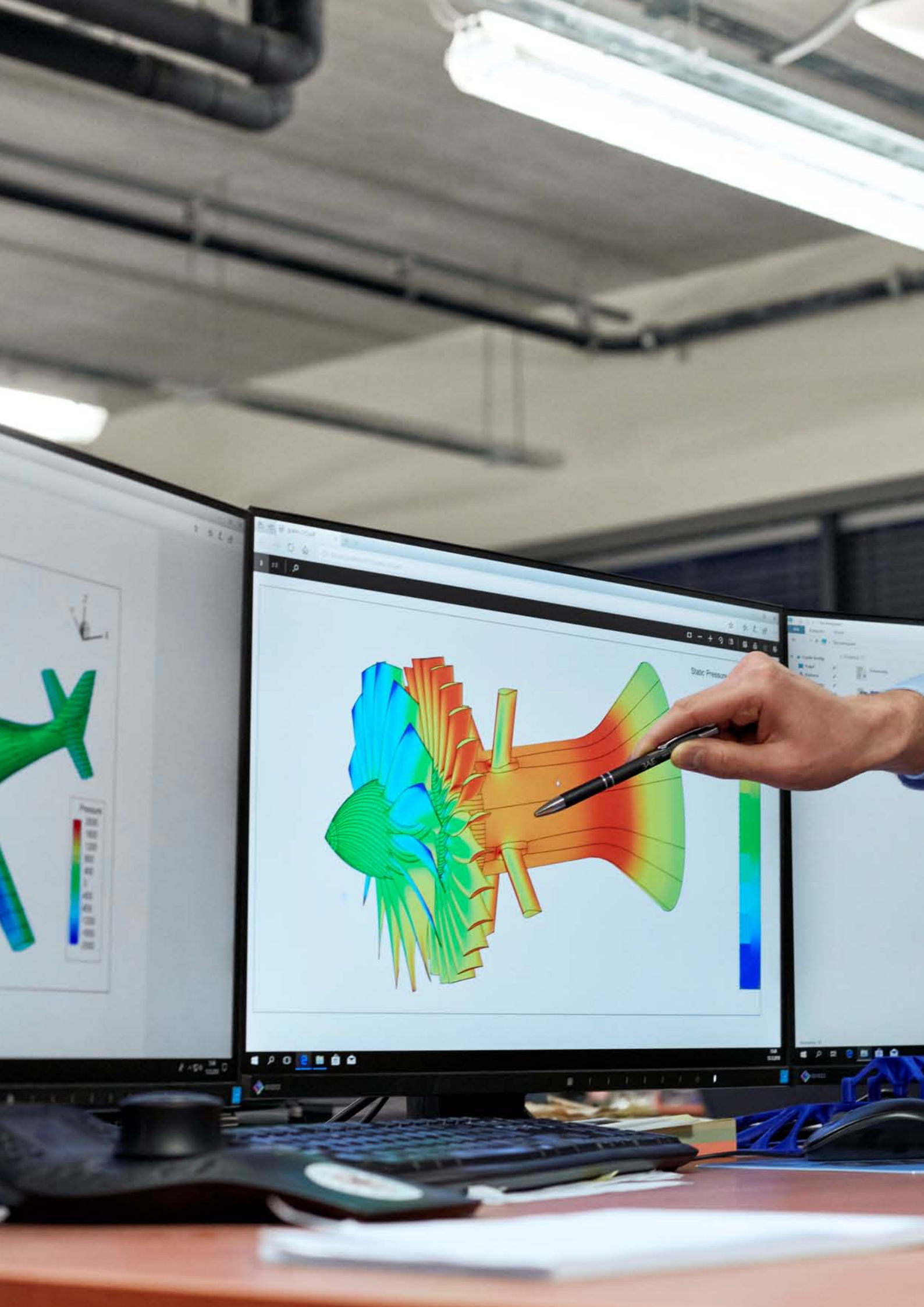
Do obliczeniowej symulacji przepływów wykorzystywane jest zarówno oprogramowanie własne, akademickie, jak i komercyjne.

Podstawowy zakres działalności:

- Symulacja opływu samolotu i jego elementów.
- Symulacja opływu śmigłowca i jego elementów oraz interferencji z otoczeniem.
- Przepływy niestacjonarne ze zmienną w czasie geometrią obszaru przepływu.
- Symulacja w pełni trójwymiarowego opływu pracującego wirnika nośnego śmigłowca (w locie postępowym i w zawisie) bazująca na rozwiązaniu URANS.
- Modelowanie wzajemnych oddziaływań ośrodka i struktury łopat wirnika (wahania i odkształcenia łopat).
- Symulacja przepływów w kanałach (np. w kanałach dolotowych silników lotniczych).

## SEKCJA AKUSTYKI

Sekcja Akustyki w Łukasiewicz – Instytucie Lotnictwa rozwija technologie numerycznej oraz eksperymentalnej oceny hałasu generowanego przez elementy statków powietrznych takie jak śmigła i wirniki, układy mechanizacji płatów nośnych, podwozia etc. Sukcesywnie rozbudowywane są metody identyfikacji źródeł hałasu oraz optymalizacji konstrukcji w celu jego minimalizacji.



# KONSTRUKCJE LOTNICZE

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa specjalizuje się w projektowaniu kompozytowych i metalowych struktur statków powietrznych jak również oprzyrządowania technologicznego do ich produkcji. Ponadto w Instytucie prowadzone są analizy osiągowe, analizy obciążeń oraz projekty modernizacji obecnie wykorzystywanych statków powietrznych. Doświadczenie zespołu projektowego pozwala na realizację prac wykraczających poza branżę lotniczą i proponowanie optymalnych rozwiązań uwzględniających specyficzne wymagania klienta.




Oferta Działu Konstrukcji Lotniczych w zakresie projektowania oraz analiz numerycznych obejmuje:

- Struktury metalowe.
- Struktury kompozytowe:
  - Lotnicze struktury z kompozytów szklanych i węglowych.
- Oprzyrządowanie technologiczne:
  - Foremniki do wykonywania struktur kompozytowych.
  - Przyrządy montażowe.
- Dodatkowe wyposażenie w obecnie wykorzystywanych samolotach i śmigłowcach.

PROCES PROJEKTOWANIA REALIZOWANY JEST W OPROGRAMOWANIA CATIA

Analizy wytrzymałościowe struktur kompozytowych i metalowych.

ANALIZY WYTRZYMAŁOŚCIOWE WYKONYWANE SĄ W OPROGRAMOWANIU ANSYS

Prace prowadzone są w oparciu o zatwierdzenie nr AP 270 Organizacji Projektującej (ADOA) wystawione przez Europejski Nadzór Lotniczy EASA oraz systemy zarządzania jakością ISO 9001:2015, AQAP 2110:2016.


ESPOSA
SPECJALNY
I-31 T
instytutlotnictwa
TP 100
PBS

# SYSTEMY TRANSPORTU

Wieloletnie doświadczenie naukowców Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytutu Lotnictwa umożliwia szeroki zakres badań i usług w obszarze systemów transportu. Instytut jest koordynatorem projektów rozwojowych oraz brał udział w wielu ważnych projektach unijnych.

Zakres prac Łuksiewicz – Instytut Lotnictwa nad systemami transportu obejmuje:

- Opracowywanie prognoz i strategii rozwoju transportu lotniczego, w tym strategii integracji transportu lotniczego z ogólnym systemem transportu (siecią intermodalną - innymi dostępnymi środkami transportu powierzchniowego, wodnego).
- Opracowywanie prognoz i strategii intermodalnej sieci transportowej obsługującej mobilność miejską i rozszerzoną miejską (do regionalnej) z udziałem transportu lotniczego (Urban Air Mobility).
- Badania ilościowe i jakościowe rynku transportu pasażerskiego i towarowego.
- Modelowanie i projektowanie systemów transportu pasażerskiego i towarowego.
- Opracowywanie elementów bezpieczeństwa i ochrony w transporcie lotniczym.
- Analizy w zakresie technicznych i ekonomicznych aspektów budowy, planowania i eksploatacji statków powietrznych.
- Prace w obszarze konstrukcji statków powietrznych, w tym obliczenia osiągów statków powietrznych, obliczenia i analizy masy i wyważenia statków powietrznych, obliczenia obciążeń.
- Opracowywanie dokumentów ciągłej zdatności do lotu, w tym Instrukcji Użytkowania w Locie, Instrukcji Obsługi Technicznej, Biuletynów Serwisowych.
- Prace związane z badaniami statku powietrznego, w tym opracowywanie programów prób naziemnych i w locie oraz prowadzenie prób naziemnych i w locie.
- Prace związane z certyfikacją statków powietrznych, w tym opracowywanie programów certyfikacji, analiz spełnienia wymagań certyfikacyjnych, Arkuszy Spełnień i innych dokumentów wymaganych w procesie certyfikacji statków powietrznych.

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa oferuje także budowę demonstratorów technologii i prototypów. Obejmuje to działania z zakresu budowy wszelkiego typu demonstratorów technologii, instalacji demonstracyjnych, prototypów oraz oprzyrządowania badawczego i technologicznego związanego z szeroko pojętą techniką lotniczą:

- Prototypowanie elementów, części, kadłubów, urządzeń i konstrukcji mechanicznych, statycznych, elektrycznych, automatyki, zarówno w technologiach lotniczych, jak i warsztatowych.
- Budowę wszelkich demonstratorów technologii: iron birdów, glass birdów, demonstratorów systemów zasilania, systemów mechanizacji, itp.


ESPOSA
TP 100
PBS Velka Bites
instytut lotnictwa
warszawa, rok założenia 1926
I-31T
G600
ADS-B

# ORGANIZACJA PROJEKTUJĄCA, PRODUKUJĄCA I OBSŁUGOWA

## ORGANIZACJA PROJEKTUJĄCA

Organizacja Projektująca w Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytucie Lotnictwa zajmuje się przeprowadzaniem systemowych rozwiązywań wielowymiarowych oraz realizuje prace projektowe statków powietrznych na rynku przemysłu lotniczego, zgodnie z jej zakresem zatwierdzenia. Organizacja Projektująca została powołana 9 sierpnia 2007 roku i zatwierdzona przez Urząd Lotnictwa Cywilnego oraz Europejską Agencję Bezpieczeństwa Lotniczego (EASA) 4 września 2008 roku (numer zatwierdzenia EASA: AP270). Zakres dotyczący bezpieczeństwa jest ściśle sformalizowany i kontrolowany przez Urząd Lotnictwa Cywilnego (ULC).

Zakres zatwierdzenia:

Organizacja Projektująca, działając zgodnie z procedurą alternatywną PART 21A.14 (b), realizuje konkretne praktyki projektowe z uwzględnieniem wymagań podanych w PART 21 oraz odnoszących się do nich akceptowalnych środków spełnienia (AMC) i materiałów doradczych (GM), w zakresie:

- Certyfikacji Typu 21A.14(b).
- Uzupełniającej Certyfikacji Typu 21A.112 B(b).
- Reperacje 21A.432 B(b).

Stosowane wymagania zdatności do lotu:

- CS-23.

Uprawnienia:

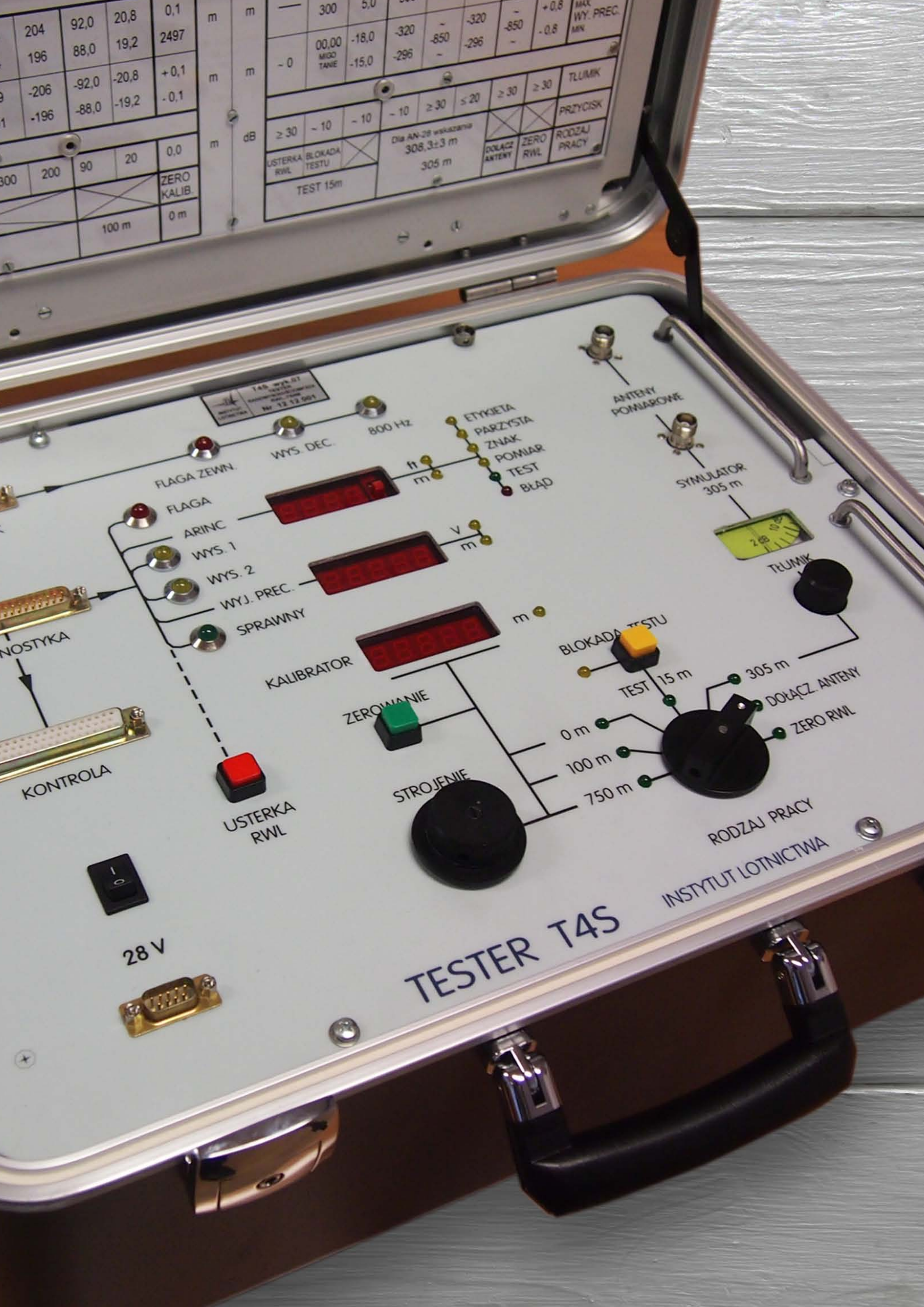
- Wykonywanie czynności w ramach zakresu zatwierdzenia pod nadzorem Agencji.

Projekty, dla których wystąpiono o certyfikat typu:

- Samolot I-23 – Certyfikat Typu EASA.A.200
- Świadectwo Typu nr BB-215 – GILC.

Projekty realizowane pod nadzorem organizacji:

- Samolot I-31 P – projekt, nadzór nad wykonawstwem prototypu, badania stoiskowe, próby naziemne i w locie, proces certyfikacyjny.
- Samolot I-31 T – projekt, nadzór nad wykonawstwem prototypu, badania stoiskowe, próby naziemne i w locie, proces certyfikacyjny.
- Samolot An-2 z silnikiem ASz-62IR-16E – projekt modyfikacji, nadzór nad wprowadzaniem zmian, badania stoiskowe, próby naziemne i w locie, proces certyfikacyjny.
- Samolot FLARIS LAR-1 – próby naziemne i w locie.
- Inne prace eksperckie i projektowe na rzecz podmiotów lotniczych krajowych i europejskich.


FLAGA ZEWN.
WYS. DEC.
800 Hz
ETYKIETA
PARZYSTA
ZNAK
POMIAR
TEST
BŁĄD
ANTENY POMIAROWE
SYMULATOR 305 m
FLAGA
ARINC
WYS. 1
WYS. 2
WYJ. PREC.
SPRAWNY
TŁUMIK
NOSTYKA
KALIBRATOR
BLOKADA TESTU
TEST 15 m
305 m
DOŁĄCZ. ANTENY
ZERO RWL
ZEROWANIE
0 m
100 m
750 m
KONTROLA
USTERKA RWL
STROJENIE
RODZAJ PRACY
28 V
TESTER T4S
INSTYTUT LOTNICTWA

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa świadczy usługi w obszarze projektowania takich elementów jak:

- Kołowe i płozowe podwozia samolotów i śmigłowców.
- Tłumiki drgań „shimmy" i antyrezonansowe jedno- i dwustopniowe amortyzatory do podwozi lotniczych.
- Elementy integracyjne podwozi lotniczych.
- Stoiska badawcze systemów antypoślizgowych ABS.
- Siłowniki i zamki.
- Koła i wysokoenergetyczne hamulce.
- Podwozia do bezzałogowych statków powietrznych (UAV).
- Demonstratory technologii.
- Hamulce elektryczne do UAV.

## ORGANIZACJA PRODUKUJĄCA

Certyfikat zatwierdzonej Organizacji Produkującej Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytutu Lotnictwa nr PL.21G.034 (Part 21)

Organizacja Produkująca została zatwierdzona przez Urząd Lotnictwa Cywilnego na mocy Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 216/2008 oraz Rozporządzenia Komisji (WE) nr 1702/2003 zgodnie z załącznikiem (Part 21), sekcja A, podczęść G, upoważniona jest do produkcji wyrobów, części i akcesoriów wymienionych w jej wykazie zatwierdzenia, oraz wydawania poświadczenia produkcji w postaci formularza EASA FORM 1.

Obecnie w asortymencie produkowanym przez Organizację Produkującą Sieci Badawczej Łukasiewicz - Instytutu Lotnictwa znajdują się:

W zakresie zatwierdzenia EASA:

- Dla samolotu PZL M28 Bryza i Skytruck:
  - Paliwomierz PPM-1, PPM-1B (w tym wskaźniki analogowo-cyfrowe, wskaźniki cyfrowe, bloki elektroniczne, nadajniki i sygnalizatory poziomu paliwa).
  - Sygnalizatory poziomu paliwa SN1C/5.
  - Bloki oświetlenia BRO-2.
- Dla samolotu I-23:
  - Sygnalizatory reszty paliwa SR/2.







FUEL
MAIN
600
400
800
200
1000
0
1200
Lbs
8888
TOTAL
TEST
FUNKCJE TESTERA
MOD 1
Skalowanie kompletu PPM-1(B) złącze K1 – wiązka W1
MOD 2
Diagnostyka kompletu i BEPPM-1(B) złącze K1 – wiązka W1
MOD 3
Diagnostyka WPC-1(B) i WPD-1(B) złącze K2 – wiązka W2 lub W4
MOD 4
Diagnostyka WPAC-1(B) złącze K2 – wiązka W3 lub W4
W1
W2
W4
K1
ON
ZAS
OFF
WPAC
TEST
DIAGN.
TEST
REG.
JASN.
Lbs
Kg
MOD 1
MOD 2
MOD 3
MOD 4
TOTAL: 8888
M
C
TESTER PALIWOMIERZY TPPM–1
BO5/UP/023

Poza zatwierdzeniem (ISO/AQAP):

- Dla samolotu PZL M28 Bryza:
  - Radiowysokościomierz RWL-750M (w tym wskaźniki analogowe – serwomechaniczne i bloki elektroniczne).
  - Testery paliwomierzy TPPM-1.
  - Testery radiowysokościomierzy.
- Dla samolotu PZL-130 Orlik:
  - Radiowysokościomierz RWL-750M/O.
  - Sygnalizatory reszty paliwa SR/2.
  - Automatyczny trymer steru kierunku – ATSK.
- Dla śmigłowca PZL W3 Sokół:
  - Radiowysokościomierz RWL-750M (w tym wskaźniki analogowe – serwomechaniczne i bloki elektroniczne).
  - Testery momentomierzy.

## ORGANIZACJA OBSŁUGOWA

Certyfikat zatwierdzonej Organizacji Obsługowej Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytutu Lotnictwa nr PL.145.062 (wg EASA Part-145)

Organizacja Obsługowa została zatwierdzona przez Urząd Lotnictwa Cywilnego na mocy Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 216/2008 oraz Rozporządzenia Komisji (WE) nr 2043/2003 wg Działu A Załącznika II (Part-145) upoważniona jest:

- W zakresie zatwierdzenia C: do obsługi technicznej wyrobów, części i urządzeń wymienionych w jej wykazie zatwierdzenia, oraz wydawania poświadczenia przeprowadzonych obsług w postaci formularza EASA FORM 1.
- W zakresie zatwierdzenia B2: rozszerzono zakres usług Organizacji Obsługowej o badania i wykonywanie prób lotniczych silników tłokowych firm: Continental Motors i Lycoming Engines.







AA-E4
BLOK ELEKTRONICZNY
RADIOWYSOKOŚCIOMIERZA
RWL-750M
Nr 03 09 001
INSTYTUT
LOTNICTWA
DO NOT PAINT


A-1426-GP-RPAS
HMS
ULTRALEKKI
instytut lotnictwa

# AWIONIKA

Dział Awioniki w Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytucie Lotnictwa prowadzi prace naukowo-badawcze i projektowo-konstrukcyjne, a także wykonawstwo małoseryjne w dziedzinie urządzeń i systemów awionicznych, urządzeń pomiarowych i diagnostycznych oraz instalacji i systemów elektrycznych samolotów, śmigłowców i bezzałogowych statków powietrznych.

Dział Awioniki oferuje prace projektowe oraz konstrukcyjne w zakresie:

- Systemów związanych z poruszaniem się samolotów oraz RPAS w cywilnej przestrzeni powietrznej, we wszystkich fazach lotu.
- Systemów awionicznych, w szczególności stabilizacji i sterowania klasycznego, pośredniego i automatycznego samolotów, RPAS, satelitów oraz innych systemów sterowania.
- Urządzeń awionicznych do pomiaru parametrów ruchu (m.in.: CDA, radiowysokościomierz), położenia przestrzennego (m.in.: INS, AHRS) oraz parametrów eksploatacyjnych (m.in. paliwomierz).
- Modelowania matematycznego dynamiki lotu statków powietrznych.
- Projektowania układów mikroprocesorowych, jako przeliczników dedykowanych dla układów i urządzeń pomiarowych, systemów stabilizacji, sterowania i diagnostycznych, ze szczególnym uwzględnieniem wyposażenia awionicznego samolotów, RPAS, satelitów, a także innych urządzeń i elementów systemów, które wymagają zastosowania platformy obliczeniowej do implementacji algorytmów numerycznych.
- Szybkiego prototypowania urządzeń awionicznych, ich montażu oraz certyfikowanej produkcji dla użytkownika komercyjnego.
- Badania odporności i wytrzymałości na działanie czynników mechanicznych oraz klimatycznych urządzeń i instalacji technicznych.
- Ekspertyz i badań oraz oceny wyposażenia lotniczego, systemów i instalacji zakończonych wydaniem orzeczenia na zgodność z normami i przepisami lotniczymi: RTCA, ARINC, MIL, TSO.
- Wykonywania prototypów oraz produkcji małoseryjnej urządzeń precyzyjnych: pomiarowych, wskazujących i diagnostycznych.

Dział Awioniki dokonuje ekspertyz i badań oraz oceny wyposażenia lotniczego, systemów i instalacji zakończonych wydaniem orzeczenia na zgodność z normami i przepisami lotniczymi: RTCA, ARINC, MIL, TSO. Dysponuje bazą warsztatową umożliwiającą wykonywanie prototypów oraz produkcję małoseryjną urządzeń precyzyjnych: pomiarowych, wskazujących i diagnostycznych. Posiada stanowiska i aparaturę umożliwiającą kompleksowe badanie wykonywanych urządzeń i wyrobów.

Produkty opracowane i wykonane w Dziale Awioniki znajdują się na wyposażeniu wielu polskich samolotów i laboratoriów. Na szczególną uwagę zasługują:

- Paliwomierze do samolotów: Iryda, M28 Bryza/Skytruck oraz śmigłowca W-3 Sokół.
- Radiowysokościomierze RWL-750M stosowane w samolotach Iryda, Bryza i śmigłowcu Anakonda.
- Zespół momentomierza stosowany na śmigłowcu W-3 Sokół.
- Układy sygnalizacji i oświetlenia pokładowego, stosowane w samolotach Iryda, Skytruck.
- Autonomiczny układ sterowania samolotu bezpilotowego.
- Rejestrator analogowo-cyfrowy RAC (przeznaczony do zapisu danych analogowych i/lub cyfrowych, zapisu danych z odbiornika GPS, przechowania zapisanych wartości w wewnętrznej pamięci oraz odczytania zapisanych danych na komputerze osobistym).
- Generatory przebiegów przejściowych GPPA-3, GPPA-4, wyładowań elektrostatycznych GWE-2.
- Rejestrator autonomiczny obciążeń zmęczeniowych AROS, testery radiostacji TRS 6113-2, paliwomierza TPPM-1, radiowysokościomierza T4S, momentomierza UD-100M, urządzeń i systemów radionawigacyjnych MRT-3.


TECHNOLOGY AVIATION TRAINING
SP-SZAM
SP-YPR


instytut lotnictwa
HMS
ULTRALEKKI

## CRW-13 CYFROWY RADIOWYSOKOŚCIOMIERZ BLOK ELEKTRONICZNY (2500 FT)

Cechy:

- Cyfrowe przetwarzanie sygnału wysokości oparte na algorytmie FFT.
- Urządzenie nadawczo-odbiorcze zabudowane razem z antenami.
- Instalacja bez kabli antenowych oraz ramy amortyzującej.
- Mała wysokość umożliwia montaż w niskim profilu kadłuba.

CRW-13 posiada wyjście analogowe oraz ARINC 429 do współpracy z systemami GPWS, TCAS, Autopilot.

Specyfikacja:

- Wymiary bez kołnierza: 3,15”W x 1,77”H x 7,09”L (80 x 45 x 180 mm).
- Waga: 1,05 kg.
- Zasilanie: 14 V DC / 0,5 A nominalna do 28 V DC / 0,3 A.
- Wysokość: 55 000 ft.
- Zakres temperatury pracy: -45ºC do +60ºC.
- Wyjście nadajnika: 150 mW FMCW , 100 Hz modulacja.
- Częstotliwość pracy: 4300 ±20 MHz.
- Wysokość AID: 2 ft do 20 ft (0,6 m do 6 m).
- Dokładność: ±2 ft lub ±2% od 0 do 500 ft, ±3% od 500 do 2500 ft.




## RWL-750M RADIOWYSOKOŚCIOMIERZ AA-E7 BLOK ELEKTRONICZNY (750 M) AA-E4 BLOK ELEKTRONICZNY (2500 FT)

Cechy:

- AA-E4 może współpracować ze wskaźnikiem AA-W4 w zakresie do 2500 ft.
- AA-E7 może współpracować ze wskaźnikiem AA-W7 w zakresie do 750 m.
- Współpraca z dwiema antenami S67-2002 antennas (Sensor Systems).
- Wymaga ramy amortyzującej AA-R4.
- Posiada wyjście analogowe oraz ARINC 429 do współpracy z systemami GPWS, TCAS, Autopilot.

Specyfikacja:

- Wymiary: 3,58”W x 3,46”H x 10,04”L (91 x 88 x 255 mm).
- Waga: 1,9 kg.
- Zasilanie: 27,5 V DC ±20% 0,7A nominalne.
- Wysokość: 55 000 ft.
- Temperatura: -45ºC do +60ºC.
- Wyjście nadajnika: 250 mW FMCW , 100 Hz modulacja.
- Częstotliwość: 4300 ±20 MHz.
- Wysokość AID: 20 ft do 60 ft (6 m do 19 m).
- Dokładność AA-E4: 2 ft lub ±3% od 0 do 500 ft, ±3% od 500 do 2500 ft.
- Dokładność AA-E7: 0,6 m lub ±3% od 0 do 100 m, ±3% od 100 do 750 m.




## T4S TESTER RADIOWYSOKOŚCIOMIERZA

Cechy:

- Tester radiowysokościomierza T4S można w łatwy sposób podłączyć do instalacji radiowysokościomierza RWL-750M poprzez dwa sprzęgacze antenowe.
- Symulator wysokości radiowej 1000 ft zawiera precyzyjną linię opóźniającą firmy Teledyne. Tłumienie symulatora jest ustawiane ręcznie i pozwala na pomiar czułości radiowysokościomierza z dokładnością 2 dB.
- Możliwe jest także dołączenie symulatora bezpośrednio do bloku nadawczo-odbiorczego. Symulator może być używany także dla sprawdzania innych radiowysokościomierzy pracujących w paśmie 4,3 GHz. Wbudowany strojony kalibrator generuje sygnał częstotliwości różnicowej, podawany jest poprzez kabel diagnostyczny radiowysokościomierza RWL-750M i pozwala na sprawdzenie wysokości decyzyjnej, wysokości ustalonych i danych o wysokościach przekazywanych do EWGPS.
- Wszystkie wyjścia RWL-750M: ARINC 429, precyzyjne wyjście analogowe, wyjścia wskaźnikowe są dekodowane, mierzone oraz wyświetlane.
- Monitorowane są wysokości ustalone, wysokość decyzyjna i sygnał FCS Warn (sygnał sprawności). Przy pomocy testera można także sprawdzić wskaźnik testera RWL-750M. Tester radiowysokościomierza przeznaczony jest do współpracy ze wszystkimi wersjami RWL-750.

Specyfikacja:

- Wymiary: 18,42”W x 13,86”H x 8,27”L (468 x 352 x 210 mm).
- Waga: 26 lbs (11,8 kg).
- Zasilanie: 27,5 V DC ±20%, 0,15 A nominalne.




## ATSK – AUTOMATYCZNY TRYMER STERU KIERUNKU DLA SAMOLOTU PZL-130 ORLIK

Automatyczny Trymer Steru Kierunku (ATSK) jest przeznaczony do automatycznego trymowania steru kierunku w samolocie. Poprawia właściwości lotne samolotu oraz zwiększa bezpieczeństwo i komfort pracy pilota. Konstrukcyjnie stanowi jedno urządzenie z trzema złączami, które na podstawie danych wejściowych dotyczących wartości parametrów pracy silnika, prędkości i konfiguracji samolotu generuje sygnały sterujące wychyleniem trymera steru kierunku.

Podstawowe dane techniczne:

- 182 + (50) x 126 x 66,5 mm.
- Masa: 800 g ± 100 g (bez złącz i wiązek).
- Zasilanie: 27,5 V DC.
- Pobór prądu: < 0,5 A bez prądu w obciążeniach.
- Zakres temperatur pracy: –35 ÷ +70°C.
- Zakres temperatur przetrwania: –55 ÷ +85°C.
- Warunki pracy: ATSK działa w dowolnym położeniu przestrzennym samolotu.
- Czas gotowości do pracy: nie więcej niż 60 s od momentu podania zasilania.
- Warunki przechowywania:
  - Zalecany zakres temperatury +10 ÷ +30°C.
  - Wilgotność < 80%.
- Kwalifikacja środowiskowa:
  - Według DO-160.
  - Według NO 06-A-101.



## SKYLAB - LABORATORIUM AWIONIKI I SYSTEMÓW POKŁADOWYCH

Laboratorium jest częścią Engineering Design Center (EDC) – centrum Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytutu Lotnictwa. Specjalizuje się w testowaniu urządzeń i systemów awionicznych. Na 22 stanowiskach badane są między innymi koncentratory danych zbierające informacje z oprzyrządowania samolotu oraz wyświetlacze do kokpitów. Laboratorium wyposażone jest w precyzyjny sprzęt kontrolno-pomiarowy umożliwiający zautomatyzowane, zdalne i bezpieczne testowanie elektoniki. Laboratorium posiada certyfikat zgodności z normą AS 9100D (EN9100:2016), który jest gwarancją spełnienia najwyższych standardów jakościowych w przemyśle lotniczym.



# BADANIA ŚRODOWISKOWE KONSTRUKCJI LOTNICZYCH

Sieć Badawcza Łuksiewicz – Instytut Lotnictwa dysponuje Laboratorium Badań Środowiskowych, które wchodzi w skład Działu Awioniki. Laboratorium posiada Certyfikat Akredytacji Laboratorium Badawczego nr AB 132 potwierdzający spełnianie wymagań normy.
Certyfikat PN-EN ISO/IEC 17025:2005 jest wydany przez Polskie Centrum Akredytacji. Zakres akredytacji obejmuje badania odporności i wytrzymałości na narażenia mechaniczne i klimatyczne oraz badania funkcjonalne wyrobów. Dział Awioniki posiada uprawnienia Organizacji Produkującej i Organizacji Obsługowej, zatwierdzone przez Urząd Lotnictwa Cywilnego na mocy Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 216/2008 oraz Rozporządzenia Komisji (WE) nr 1702/2003 zgodnie z załącznikiem (Part 21), sekcja A, podczęść G, które upoważniają do produkcji wyrobów, części i akcesoriów wymienionych w jej wykazie zatwierdzenia oraz wydawania poświadczenia produkcji w postaci formularza EASA FORM 1.

Możliwości badawcze Laboratorium:

- Badania odporności i wytrzymałości na drgania sinusoidalne i losowe (random).
- Badania odporności i wytrzymałości na udary mechaniczne.
- Badania odporności i wytrzymałości na drgania w połączeniu z temperaturą i/lub wilgotnością względną.
- Badania odporności na niskie i wysokie temperatury.
- Badania odporności na cykliczne zmiany temperatury.
- Badania odporności na zmiany temperatury i ciśnienia atmosferycznego.
- Badania odporności na osady kondensacyjne (szron i rosa).
- Badania odporności na zwiększoną wilgotność.
- Badania odporności na pył i kurz.
- Badanie odporności na korozję (mgła solna).
- Badania odporności na opady.
- Badania odporności na promieniowanie słoneczne.

Laboratorium Badań Środowiskowych dysponuje infrastrukturą, która umożliwia testowanie gotowego produktu pod względem badań mechanicznych i klimatycznych już po etapie produkcji.


SECURE
THE FUTURE
IMV
RT
750
OTECNICA

## WSTRZĄSARKA IMV I250/SA4M-CE ZE STEROWNIKIEM MEDALLION II

- Częstotliwość drgań: 5 - 2500 Hz.
- Maksymalna amplituda przemieszczenia: 50 mm.
- Maksymalna siła: 40 kN.
- Maksymalne przyśpieszenie:
  - dla drgań sinusoidalnych: 500 m/s²,
  - dla drgań losowych/random (rms): 140 m/s²,
  - dla udarów: 800 m/s².

- Dodatkowe wyposażenie:
  - stół ślizgowy o wymiarach: 750 x 750 mm,
  - head-expander o wymiarach: 700 x 700 mm,
  - head-expander o średnicy: 610 mm.

## KOMORA KLIMATYCZNA (DO BADAŃ DRGAŃ W TEMPERATURACH) TYP CLIMATS 1200 H 70/5 ZE STEROWNIKIEM SPIRALE 3

- Wymiary przestrzeni roboczej:
  1000 x 1100 x 1100 mm (1200 l).
- Zakres temperatury: -70°C ÷ +180°C.
- Prędkość zmian temperatury: 5°C/min.
- Zakres wilgotności: 20% ÷ 95%.

## TERMOBAROKOMORA CLIMAS TYP 1000 FCV 70/1 ZE STEROWNIKIEM SPIRALE VS

- Wymiary przestrzeni roboczej:
  1000 x 1000 x 1000 mm (1000 l).
- Zakres temperatury: -70°C ÷ +180°C.
- Zakres ciśnienia:
  - od atmosferycznego do 10 hPa – bez regulacji temperatury,
  - od atmosferycznego do 50 hPa – z regulacją temperatury,
  - od atmosferycznego do 1070 hPa.

## KOMORA KLIMATYCZNA CLIMATS 4000 H 70/4G ZE STEROWNIKIEM SPIRALE 3

- Wymiary przestrzeni roboczej:
  2000 x 1900 x 1060 mm (4000 l).
- Zakres temperatury: -70°C ÷ +180°C.
- Zakres wilgotności: 20% ÷ 95%.

## KOMORA KLIMATYCZNA CLIMATS EXCAL 7728-HE ZE STEROWNIKIEM SPIRALE 3

- Wymiary przestrzeni roboczej:
  900 x 950 x 900 mm (770 l).
- Zakres temperatury: -90°C ÷ +200°C.
- Prędkość zmian temperatury: 17°C/min
  w zakresie temperatur od -55°C do +180°C.
- Zakres wilgotności: 20% ÷ 95%.





## KOMORA SOLNA TYP SF/CCT/VH ZE STEROWNIKIEM EUROTHERM

- Wymiary przestrzeni roboczej:
  850 x 2000 x 1000 mm (1700 l).
- Zakres temperatury: od temperatury otoczenia do +60°C.
  (z wilgotnością) oraz do +70°C (bez wilgotności).
- Badania zgodne z normami: MIL STD-810E, ISO 6270-2, DIN 50.02, ASTM 13117.
- Zakres wilgotności:
  - od 50% do 95% przy 20ºC.
  - od 30% do 95% przy 30ºC.
  - od 15% do 95% przy 60ºC.

## KOMORA DESZCZOWA TYP SWT 600/800 ZE STEROWNIKIEM SIMPATI

- Wymiary przestrzeni roboczej:
  1810 x 1800 x 1800 mm (5800 l).
- Średnica stołu obrotowego: 600 mm.
- Możliwe badania zgodne z: IPX1, IPX2, IPX3, IPX4, IPX5, IPX6 and IPX6K.

## KOMORA DO SYMULACJI PROMIENIOWANIA SŁONECZNEGO SUNEVENT SUN/1000 ZE STEROWNIKIEM SIMPATI

- Wymiary przestrzeni roboczej:
  1000 x 1000 x 1000 mm (1000 l).
- Moduł do napromieniania:
  - Lampa metalohalogenkowa: 2500 W.
  - Natężenie napromieniania: 400-1125 W/m².
  - Zakres światła: 280-3000 nm.

## KOMORA PYŁOWA ST 2000U ZE STEROWNIKIEM SIMPATI

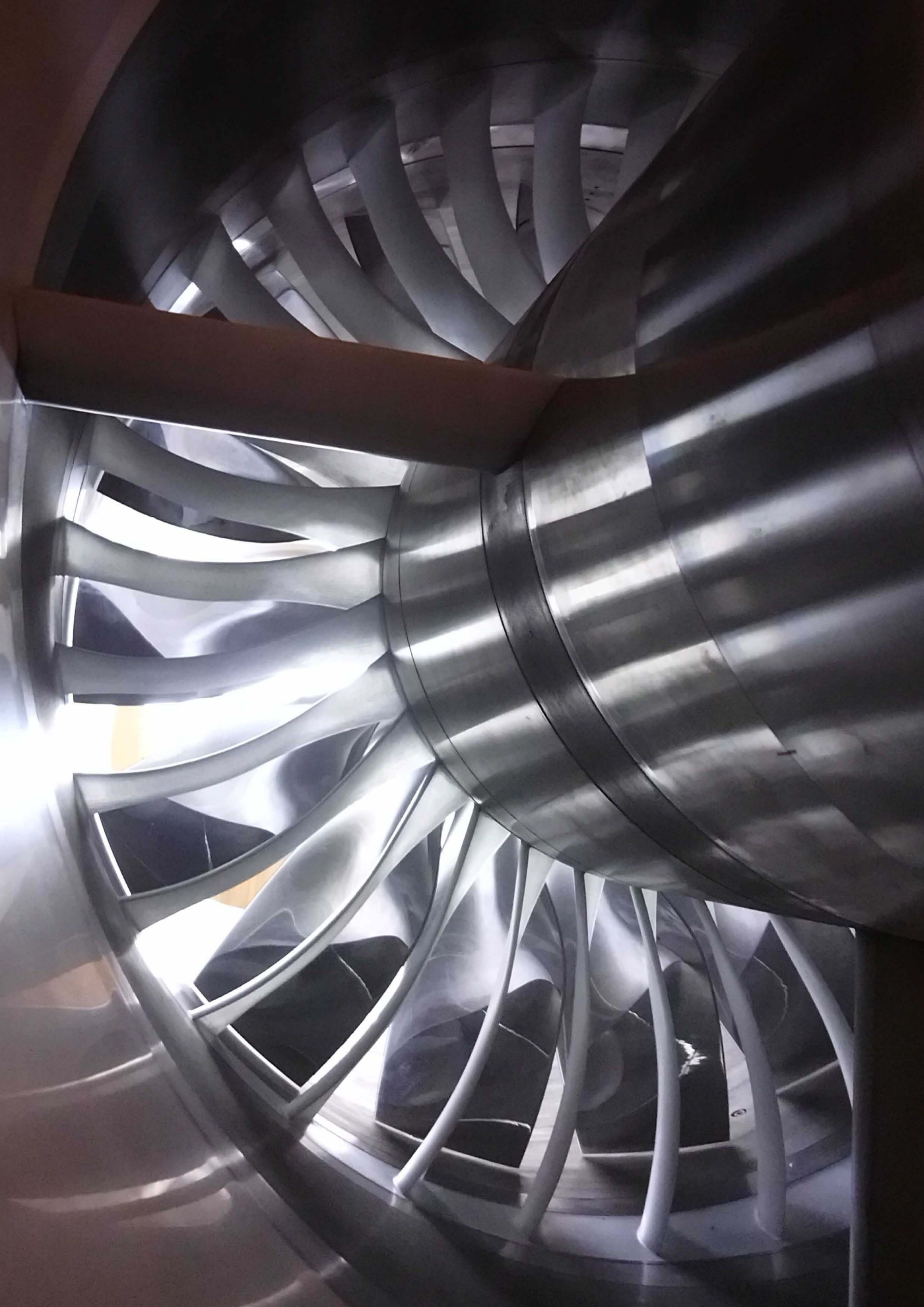
- Wymiary przestrzeni roboczej:
  1000 x 1900 x 950 mm (1800 l).
- Pojemność pyłu: 5 kg suchego pyłu talkowego.
- Możliwość przeprowadzania badań w temperaturze do 55°C
  oraz zgodnie z normą DIN EN 60529.

## STANOWISKO DO SZYBKICH ZMIAN CIŚNIENIA (DEKOMPRESJA)

Opis stanowiska:

- Wymiary komory, w której umieszczony jest obiekt badań: 770 x 800 x 800 mm (490 l).
- Zmiany ciśnienia od wartości 746,7 hPa do ciśnienia z zakresu od 467 do 90 hPa.
- Czas zmiany ciśnienia nie więcej niż 15 ms.



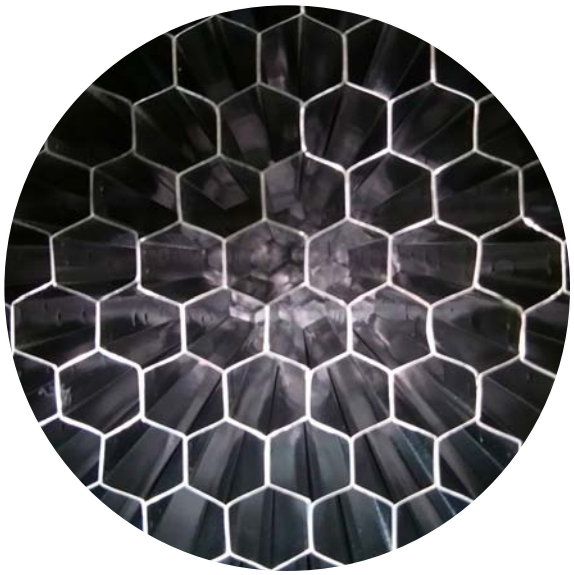


# SILNIKI I NAPĘDY

Dział Napędów Lotniczych w Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytucie Lotnictwa posiada w swojej ofercie zaawansowaną infrastrukturę, która umożliwia przeprowadzenie prac pomiarowo-badawczych w zakresie:

- Testowania napędów hybrydowych na hamowni umożliwiającej badanie układów hybrydowych do 200 kW mocy łącznej (z możliwością rozszerzenia do 600 kW w ciągu najbliższych lat).
- Prób i testowania sprężarek osiowych niskiego ciśnienia, w tym stanowisko testowe z wentylatorem niskiego ciśnienia (Low Speed Fan) do prowadzenia badań wentylatora odpornego na zaburzony przepływ na wlocie (Distortion-Tolerant Fan).
- Prób lotniczych silników tłokowych (Continental i Lycoming) w ramach organizacji obsługowej Part 145 w stacji badań lotniczych silników tłokowych akredytowanej certyfikatem ULC (o numerze PL.145.062).
- Ekspertyz powypadkowych tłokowych silników lotniczych dla PKBWL oraz występowania jako biegły sądowy.
- Modelowania złożonych układów napędowych (układy hybrydowe), symulacji napędów dla stanów ustalonych (w punkcie obliczeniowym lub poza-obliczeniowym) oraz stanów nieustalonych. Tworzenie modeli dynamicznych układów napędowych.
- Prowadzenia badań przepływowych z precyzyjnym pomiarem (± 1%) masowego natężenia przepływu.
- Badań wirników izolowanych na stanowisku typu Whirl Tower.
- Wyważania elementów wirujących do 500 kg dla wszystkich gałęzi przemysłu.
- Badania odporności szyb na przebicie wg Karty UIC-651 oraz Normą PN-EN 15152-2007.





## LABORATORIUM NAPĘDÓW HYBRYDOWYCH

W 2022 roku planowane jest ukończenie budowy laboratorium napędów hybrydowych, na które składa się hamownia silników elektrycznych oraz hamownia silników tłokowych. W Łuksiewicz – Instytucie Lotnictwa będzie to pierwsze stanowisko badawcze umożliwiające testowanie napędów hybrydowych do zastosowań lotniczych, które odpowiada na potrzeby badawcze rynku lotniczego.

## HAMOWNIA SILNIKÓW ELEKTRYCZNYCH

Parametry mechaniczne silników elektrycznych, które można obecnie testować:

- 1. Momentomierz: max moment 100 Nm, prędkość obrotowa max 12 000 rpm, max moc mechaniczna 125.67 kW.
- 2. Momentomierz: max moment 500 Nm, prędkość obrotowa max 7 000 rpm, max moc mechaniczna 366.5 kW.
- W przyszłości momentomierz: max 1000 Nm, prędkość obrotowa max 7 000 rpm, max moc mechaniczna 650 kW.
- Przybliżone maksymalne gabaryty silnika: walec o długości 52 cm i średnicy 32 cm (mocowanie silników i ramę można zmodyfikować pod większe silniki).

Parametry elektryczne silników elektrycznych, które możemy obsłużyć naszymi falownikami:

- 1 Falownik: prąd znamionowy 200 A, szczytowy 400 A (60sec), max napięcie zasilania 700 VDC.
- 2 Falownik: prąd znamionowy 700 A, szczytowy 800 A (60sec), max napięcie zasilania 450 VDC.

Stanowisko wyposażone w symulator baterii o następujących głównych parametrach:

- Zasilanie symulatora 3x400 VAC, moc ciągła 80 kW, chwilowa 120 kW (60 sec), napięcie wyjściowe regulowane 24-800VDC, prąd znamionowy +/- (dwukierunkowy) 267 A, prąd szczytowy +/- (dwukierunkowy) 400 A, możliwość szybkiego prototypowania wymaganej pojemności magazynu energii i prowadzenia długotrwałych prób z napięciem DC.

Chłodzenie cieczą silników/falowników:

- 1. Chłodnica wody – max pojemność cieplna 5 kW.
- 2. Chłodnica wody – max pojemność cieplna 10 kW.

Możliwość prowadzenia prób z falownikami klienta:

- Moc elektryczna pojedynczego falownika zasilanego bezpośrednio z szyny DC przy konfiguracji silnik elektryczny + generator jako obciążenie nie może przekraczać 380 kW.
- Moc elektryczna pojedynczego falownika zasilanego bezpośrednio z sieci 3x400 VAC przy konfiguracji silnik elektryczny + generator jako obciążenie nie może przekraczać 650 kW.



## HAMOWNIA SILNIKÓW TŁOKOWYCH

Stanowisko testowe lotniczych silników tłokowych pozwala przeprowadzić próby silnikowe w różnych warunkach pracy, a także określić:

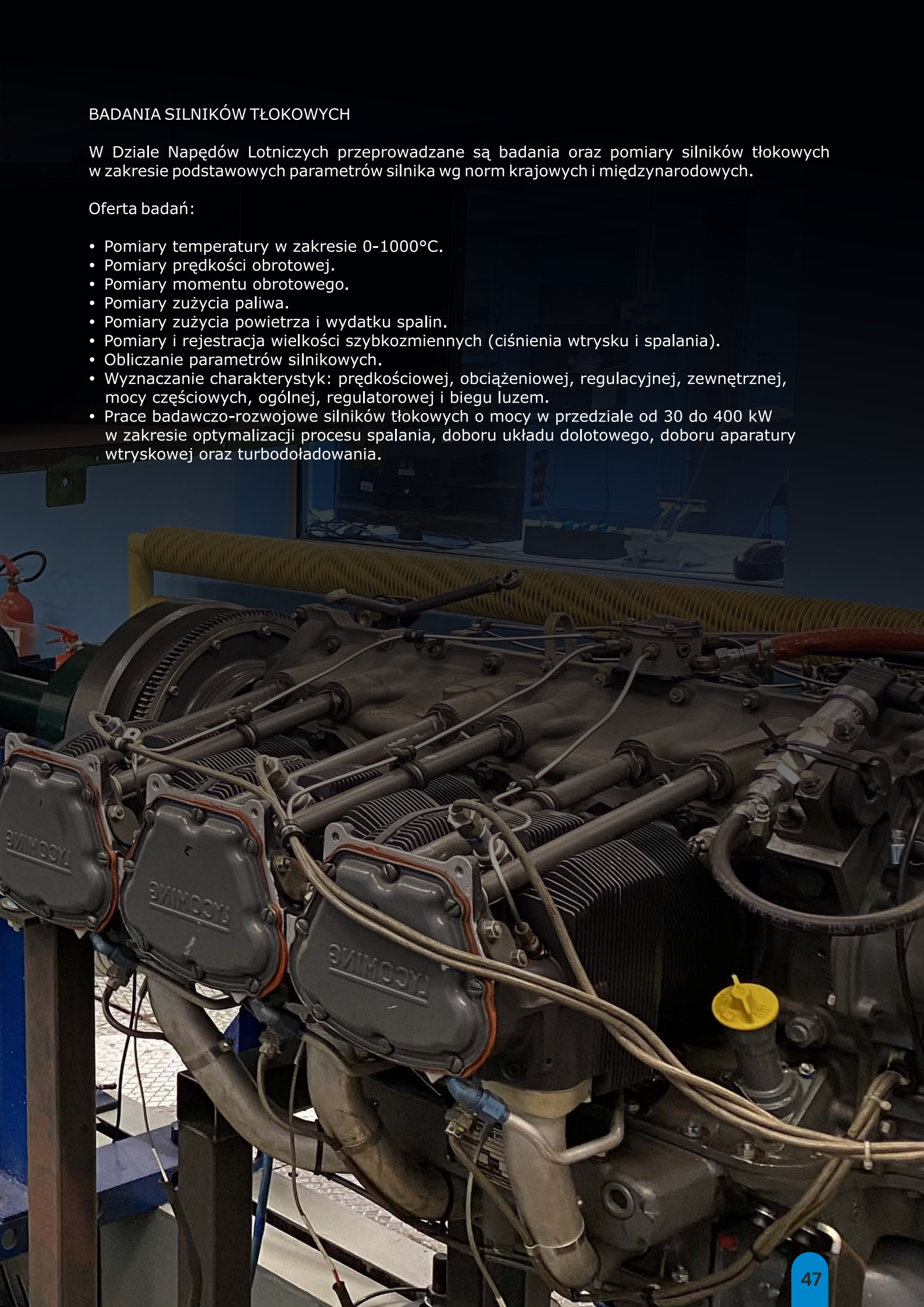
- Godzinowe i jednostkowe zużycie paliwa.
- Wykres przebiegu momentu obrotowego w funkcji prędkości obrotowej dla stanów ustalonych.

## BADANIA SILNIKÓW TŁOKOWYCH

W Dziale Napędów Lotniczych przeprowadzane są badania oraz pomiary silników tłokowych w zakresie podstawowych parametrów silnika wg norm krajowych i międzynarodowych.

Oferta badań:

- Pomiary temperatury w zakresie 0-1000°C.
- Pomiary prędkości obrotowej.
- Pomiary momentu obrotowego.
- Pomiary zużycia paliwa.
- Pomiary zużycia powietrza i wydatku spalin.
- Pomiary i rejestracja wielkości szybkozmiennych (ciśnienia wtrysku i spalania).
- Obliczanie parametrów silnikowych.
- Wyznaczanie charakterystyk: prędkościowej, obciążeniowej, regulacyjnej, zewnętrznej, mocy częściowych, ogólnej, regulatorowej i biegu luzem.
- Prace badawczo-rozwojowe silników tłokowych o mocy w przedziale od 30 do 400 kW w zakresie optymalizacji procesu spalania, doboru układu dolotowego, doboru aparatury wtryskowej oraz turbodoładowania.





## STANOWISKO BADAWCZE BLI

Dział Napędów Lotniczych dysponuje stanowiskiem testowym wentylatora o niskim sprężu. Stanowisko umożliwiające przeprowadzenie badań wpływu zaburzonego przepływu na wlocie do wentylatora (sprężarki o niskim sprężu) na jego sprawność, właściwości mechaniczne, drgania, zapas stabilnej pracy (Stall Margine). Stanowisko zostało zaprojektowane tak, aby możliwe było wprowadzenie praktycznie dowolnego zaburzenia na wlocie, zarówno osiowosymetrycznego, jak i nieosiowosymetrycznego.

Stanowisko badawcze jest ustawione pionowo (oś obrotu jest prostopadła do podłoża). Wysokość stanowiska testowego wynosi około 5 m. Składa się z lemniskaty wlotowej, za którą umiejscowiony jest kanał wlotowy. Jednostopniowy wentylator napędzany jest silnikiem elektrycznym. Za sekcją wentylatora znajduje się kanał wylotowy zamknięty stożkiem dławiącym, który umożliwia regulację przepływu masowego powietrza. Żądany profil prędkości uzyskuje się za pomocą ekranu zniekształcającego o zmiennej porowatości. Stator wentylatora wykonany jest w technologii druku 3D i może być łatwo wymieniony na inny (np. nieosiowosymetryczny).

Stanowisko testowe jest wyposażone w czujniki aerodynamiczne i aeromechaniczne.

Oprzyrządowanie aerodynamiczne składa się m.in. z:

- 5-otworkowych sond ciśnienia z termoparą (montowane na obrotowym pierścieniu pomiarowym) umożliwiających pomiar prędkości przepływu i kierunku napływu strug.
- Sond termoanemometrycznych z gorącym drutem (sondy stałotemperaturowe - CTA) montowanych na przesuwnym pierścieniu pomiarowym.
- Czujników temperatury o wysokiej dokładności (możliwość zamontowania na przesuwnym pierścieniu pomiarowym).
- Portów ciśnienia statycznego i skanery ciśnienia statycznego umożliwiające pomiar w 40 punktach.
- Piezoelektrycznych czujników ciśnienia do wykrywania początku przeciągnięcia łopatek wirnika(stall).
- Stacji monitorowania warunków otoczenia (wilgotność, temperatura otoczenia).
- W pełni zautomatyzowanego pierścienia trawersującego, który umożliwia obrót o 360 stopni i promieniowe zagłębianie 4 różnych sond w przepływie. Pierścień może być zamontowany na każdej stacji przepływowej (na wlocie, przed ekranem zaburzającym, przed wirnikiem, pomiędzy wirnikiem i statorem i za statorem).
- Instrumentacji do pomiaru luzu wierzchołkowego i ugięcia łopatki [Blade Tip Timing / Blade Tip Clearance (BTT/BTC)] w czasie rzeczywistym. Instrumentacja oparta na sondach laserowych (typu light probe).

## LABORATORIUM BADAŃ WIRUJĄCEJ DETONACJI

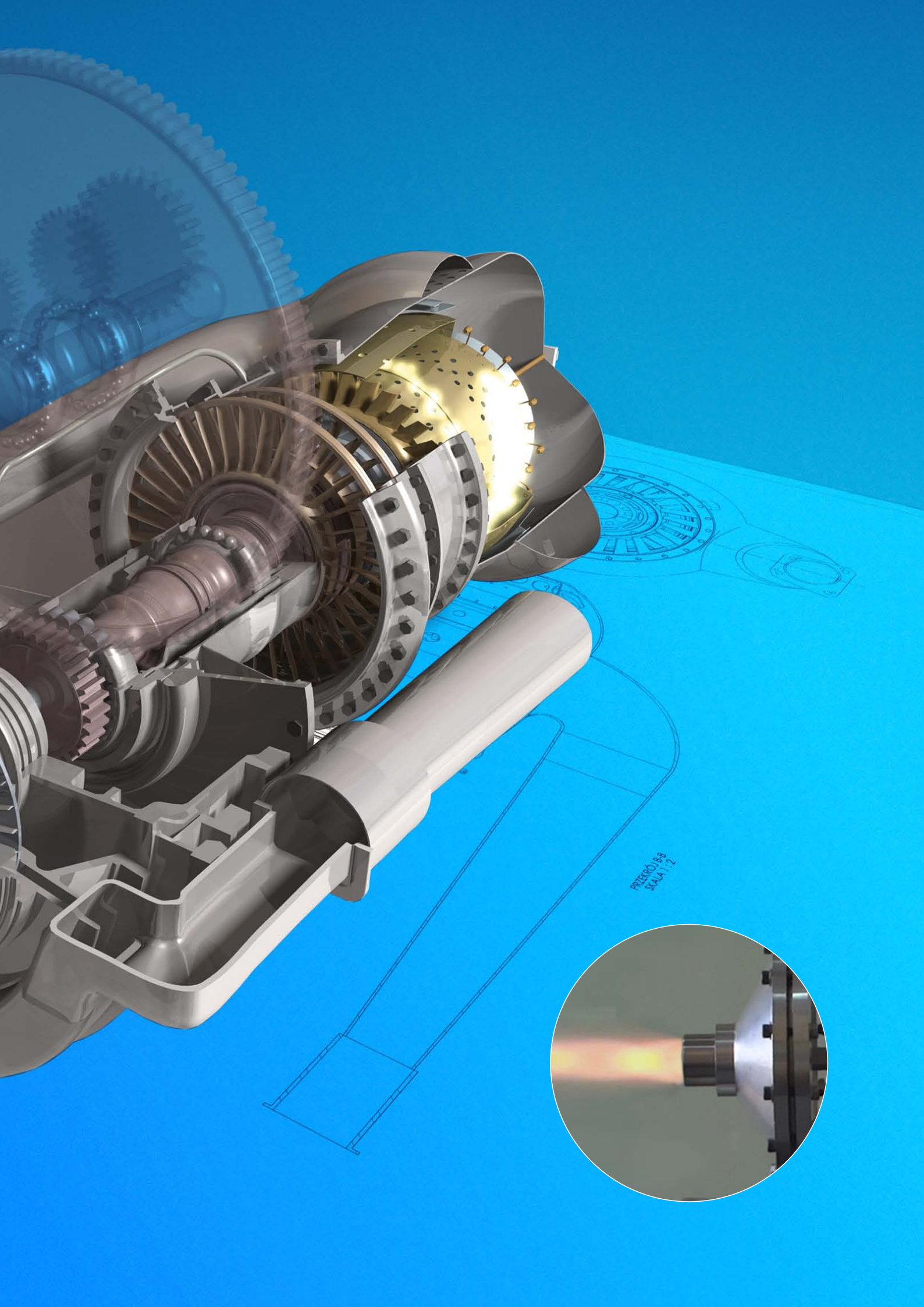
Detonacja to rodzaj spalania, w którym naddźwiękowy egzotermiczny front propaguje poprzez mieszaninę paliwa i utleniacza. W ten sposób napędza on falę uderzeniową znajdującą się bezpośrednio przed nim.

Rozwój badań nad zastosowaniem spalania detonacyjnego w silnikach otwiera szereg nowych możliwości zarówno w sposobie projektowania silników, jak i uzyskaniu wyższych sprawności.

W Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytucie Lotnictwa zbudowano dwa zautomatyzowane stanowiska laboratoryjne przygotowane do przeprowadzania badań detonacyjnych komór spalania oraz niewielkich silników rakietowych.

W ciągu ostatniej dekady Łukasiewicz - Instytut Lotnictwa prowadził intensywne badania nad zastosowaniem spalania detonacyjnego w różnych silnikach, m.in. turbinowych zasilanych paliwem wodorowym oraz naftą, rakietowych zasilanych metanem i tlenem, a także rakietowo-strumieniowych w cyklu mieszanym. Ostatnio prowadzone są badania nad zastosowaniem ciekłych materiałów pędnych silnika rakietowego, a także nad silnikiem strumieniowym zasilanym naftą lotniczą.




PRZEKRÓJ B-B
SKALA 1 : 2

## LABORATORIUM BADAŃ PRZEPŁYWOWYCH

Laboratorium umożliwia prowadzenie badań przepływowych (flow check) z precyzyjnym (rzędu ±1%) pomiarem masowego natężenia przepływu powietrza i pulsacji przepływu w badanych obiektach. W laboratorium prowadzone są badania przepływowe takich elementów jak rury żarowe komór spalania, chłodzone łopatki turbin gazowych, kolektory itp. w oparciu o pomiary objętościowego strumienia powietrza oraz jego ciśnienia i temperatury. Laboratorium jest wyposażone w nowoczesny sprzęt badawczy, m.in.: ultradźwiękowe przepływomierze Panametrics, filtr powietrza, komorę wyrównawczą, tory pomiarów temperatury, ciśnienia i wilgotności powietrza, układ rejestracji wyżej wymienionych parametrów. Zakres mierzonego wydatku powietrza: 10-6500 m³/h z dokładnością 2% w całym zakresie pomiarowym.

Stanowisko wyposażone jest w 3 niezależne źródła wmuszające przepływ powietrza:

### 1. WENTYLATOR MAWENT WPW-28 / 14RD

- Natężenie przepływu 6500 m³/h.
- Maksymalne ciśnienie 0,2 bar.

### 2. SPRĘŻARKA AIRPOL C

- Natężenie przepływu: 1200 m³/h.
- Maksymalne ciśnienie: 2,5 bar.

### 3. SPRĘŻARKA ROOTS

- Natężenie przepływu: 6500 m³/h.
- Maksymalne ciśnienie: 0,7 bar.

Pomiar wydatku dokonywany jest za pomocą przepływomierzy ultradźwiękowych w trzech zakresach pomiarowych:

- Mały - do 180 m³/h.
- Średni - do 1300 m³/h.
- Duży - do 6500 m³/h.

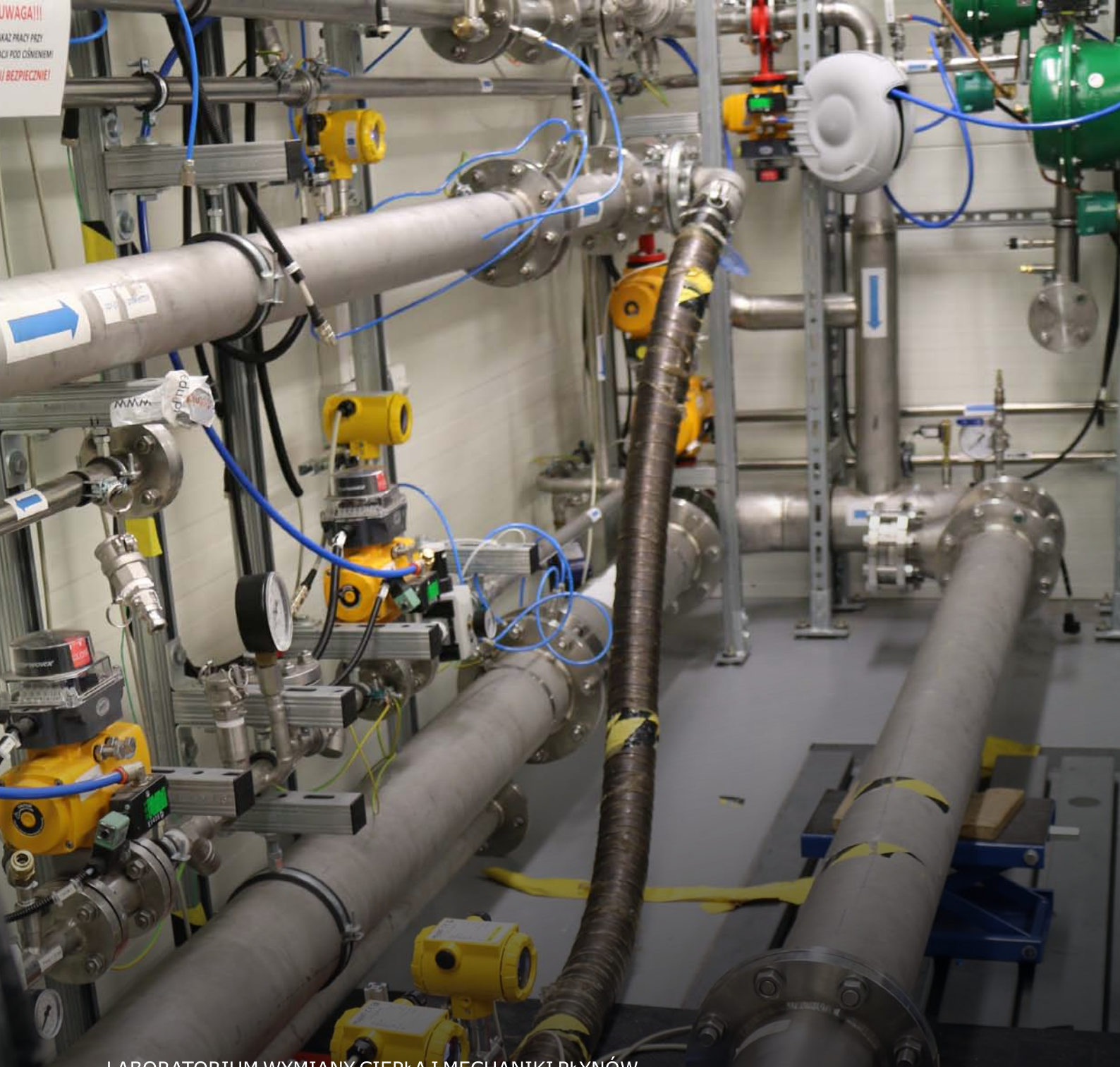
Do pomiaru ciśnienia wykorzystywane są przetworniki ciśnienia o zakresach:

- 0-300 mbar.
- 0-700 mbar.
- 0,9-1,4 bar (abs).
- 0-20 mbar, 800-1100 mbar (abs).

Do pomiaru temperatury i wilgotności wykorzystywane są przetworniki T/H o zakresach:

- Od -30 do 105°C / od 0 do 100%.

W celu precyzyjnego sterowania wydatkiem instalacja została wyposażona w dwie precyzyjne zasuwy nożowe HiMod Seven DN250 z napędem elektrycznym sterowane zdalnie. Dodatkowo istnieje możliwość regulacji wydatkiem dmuchawy poprzez zmianę prędkości obrotowej dmuchawy Rootsa za pomocą falownika.
Na stanowisku zainstalowana jest karta pomiarowa PCI-6259 (32 kanały napięciowe na wejściu, wyjścia analogowe do sterowania (zasuwy, upust, falowniki dmuchawy i sprężarki).
Aplikacja kontrolno-pomiarowa stworzona na potrzeby stanowiska badawczego umożliwia sterowanie parametrami przepływu, jak również wizualizację oraz rejestrację parametrów prób.
Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa dysponuje również uniwersalnymi kartami pomiarowymi dającymi możliwości rejestracji znacznie większej liczby kanałów, a ww. aplikacja umożliwia zastosowanie dowolnych sterowników firmy National Instruments. Na życzenie zamawiającego aplikacja może zostać łatwo przystosowana do wykonywanych pomiarów.




## LABORATORIUM WYMIANY CIEPŁA I MECHANIKI PŁYNÓW

Laboratorium to jest częścią Engineering Design Center (EDC) – centrum Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytutu Lotnictwa. Jako jedyne w Polsce i jedno z niewielu w Europie, przy wykorzystaniu nowoczesnych metod pomiarowych prowadzi kompleksowe prace badawcze ukierunkowane na rozwój technologii związanych z chłodzeniem komponentów silników turbinowych, zarówno lotniczych jak i przemysłowych.

Unikatowa na skalę kraju jest nowoczesna baza kontrolno-pomiarowa z możliwością wielostrumieniowego zasilania stanowisk pomiarowych. Wysokiej klasy wyposażenie laboratorium pozwala inżynierom wykonywać precyzyjne pomiary wielu parametrów, w szczególności temperatury, wilgotności, ciśnienia, przepływu, prędkości oraz trójwymiarowego poziomu turbulencji.

Prowadzimy badania między innymi w obszarach związanych z filmem chłodzącym przy wykorzystaniu farby baroczułej. Realizujemy projekty związane z instrumentacją komponentów silnikowych tj. projektowaniem i produkcją grzebieniowych czujników ciśnienia całkowitego, instalowaniem czujników ciśnienia, termopar oraz wysokoprecyzyjnych przetworników ciśnienia. Rozwinęliśmy również technologie rejestrowania temperatury komponentów turbiny wysokiego ciśnienia w podczerwieni.

## STANOWISKO TYPU WHIRL TOWER

Stanowisko do badań wirników izolowanych „Whirl Tower" znajduje się na wyposażeniu Działu Napędów Lotniczych w Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytucie Lotnictwa. Na stanowisku można przeprowadzić testy wirników śmigłowcowych czy wiatrakowcowych symulując warunki zawisu. Takie badania mogą dostarczyć m.in. cennych informacji dotyczących równowagi dynamicznej, hałasu, stabilności aeroelastycznej, wibracji i wydajności, a także integralności strukturalnej wirników.

System akwizycji danych pomiarowych został opracowany w oparciu o komponenty National Instruments oraz aplikację pomiarową opracowaną w środowisku LabView. Poza rejestracją i wizualizacją danych z poziomu aplikacji pomiarowej możliwe jest również sterowanie skokiem ogólnym łopat wirnika nośnego. (WN). Sterowanie stanowiskiem odbywa się za pośrednictwem pulpitu sterowniczego niezależnego od systemu akwizycji danych pomiarowych.

System "Dynamic Tracking and Balancing" to system służący do dynamicznego torowania łopat wirnika. Bazuje on na zjawiskach szybkozmiennych. Składa się z szybkiej kamery ViewWorks, Hardware National Instruments, oraz dedykowanej aplikacji pomiarowej do rejestracji obrazu oraz analizy obrazu napisanej w środowisku LabView.

Główne parametry stanowiska badawczego:

- Silnik elektryczny o mocy 315 kW (410 HP).
- Nominalna prędkość obrotowa 750 RPM, moment obrotowy 4046 Nm.
- Możliwość zmiany prędkości obrotowej do maks. 2000 RPM (wzrost prędkości obrotowej powoduje zmniejszenie momentu obrotowego).
- System pomiarowy i akwizycji danych w czasie rzeczywistym – podstawowe wartości mierzone: moment, moc pobierana przez wirnik, prędkość obrotowa, ciąg wirnika, poziom drgań.
- Dynamiczne torowanie łopat (system szybkich kamer ViewWorks).
- Możliwość zmiany głowic badawczych (dysponujemy 2 półsztywnymi głowicami badawczymi 3 i 2 łopatowymi, oraz głowicą w zawieszeniu huśtawkowym).
- Możliwość adaptacji oryginalnej piasty/głowicy (np. śmigłowcowej lub wiatrakowcowej) do stanowiska badawczego.
- Automatyczna zmiana kąta nastawienia nasady łopaty.
- Zastosowanie silnika elektrycznego umożliwia pomiar np. hałasu końcówki łopaty wirnika nośnego.


GOŚKA3

## WYWAŻARKA SCHENCK

W Dziale Napędów Lotniczych wyważane są elementy wirujące. Instytut realizuje prace usługowe dla przemysłu krajowego na wyważarkach firmy Schenck: HL4 UB oraz H1B.

| Parametry maszyny HL4 UB | |
|---|---|
| Waga wirnika, maks. | 1,5-500 kg |
| Średnica, maks. (D1) | 1600 mm |
| Średnica czopów | 12-200 mm |
| Odległość między podporami (L1) | U/BU 3000 mm |
| Min. osiągalne niewyważenie resztkowe na kg | 1/0,1 gmm |
| Napęd wirnika | BU; U |
| Moc napędu | 7,5 kW |
| Źródło energii | 400 V±10%, 2Ph, 50 Hz |
| Urządzenie pomiarowe CAB 803 | Wizualizacja wektorowa połączenie z siecią |
| Opcje | |
| Przedłużenie łoża maszyny | 1000/2000/3000 mm |
| Rolki zamienne | 100-200 mm |

| Parametry maszyny H1B | |
|---|---|
| Waga wirnika, maks. | 15 kg |
| Średnica, maks. (D1) | |
| Średnica czopów | 6-30/30-70 mm |
| Odległość między podporami (L1) | 6-600 mm |
| Min. osiągalne niewyważenie resztkowe na kg | 0,1 gmm |
| Napęd wirnika | BU |
| Moc napędu | 200 W |
| Źródło energii | 400 V±10%, 3Ph, 50 Hz |
| Urządzenie pomiarowe CAB 803 | |






## DZIAŁO PNEUMATYCZNE

Dział Napędów Lotniczych dysponuje mobilnym działem pneumatycznym, umożliwiającym strzelanie pociskiem o masie 1 kg i średnicy ok. 100 mm z prędkościami do 400 km/h. Stanowisko wykorzystywane jest do realizacji prób certyfikacyjnych pojazdów szynowych w aspekcie odporności szyb na przebicie zgodnie z wymaganiami Karty UIC 651. Odbiorcami prac są producenci pojazdów szynowych oraz producenci szyb.

Parametry działa:

- Kaliber lufy: 125 mm.
- Maksymalma średnica pocisku podkalibrowego: 105 mm.
- Maksymalna prędkość pocisku: ok. 400 km/h.
- Dokładność pomiaru prędkości pocisku: ok. ±0,5 %.
- Dokładność prędkości pocisku: ok. ±0,5 %.
- Zakres regulacji wysokości osi lufy od podłoża: 1,5-2,2 m.
- Stosowane obecnie standardowe pociski: 1 kg i 20 g.

Zakres świadczonych usług:

- Wykonanie testów kolejowych szyb czołowych zgodnie z:
  - Kartą UIC-651.
  - Normą PN-EN 15152-2019.
- Testy weryfikujące wytrzymałość konstrukcji.
- Nagrania szybką kamerą.



Zalety:

- Mobilne.
- Regulowana wysokość.
- Regulowany kąt.
- Powtarzalne wyniki.

## BADANIA ELEMENTÓW WIRUJĄCYCH W KOMORZE PRÓŻNIOWEJ

W 2016 roku, w ramach szerszego projektu Centrum Turbin Gazowych w centrum Engineering Design Center (EDC) uruchomione zostało Laboratorium Elementów Wirujących ze stanowiskiem badawczym w formie jednej z największych w Europie Komór Próżniowych (długość robocza 9,65 m; średnica 5,5 m; objętość całkowita 265 $m^3$, całkowita waga 177 ton).

W laboratorium tym prowadzone są m.in. badania wentylatorów, części wirujących silników lotniczych oraz turbin przemysłowych. Testowana jest wytrzymałość wentylatorów lotniczych silników turbinowych na wypadek zderzenia z ptakiem (Large Bird Ingestion Test). Wykonuje się tu również testy wytrzymałości osłony wentylatora oraz układu łożyskowania lotniczych silników turbinowych, symulując zdarzenie urwania się łopaty wentylatora w trakcie pracy silnika (Fan Blade Out Test).




Komora próżniowa umożliwia badanie charakterystyk obciążeń statycznych i dynamicznych testowanego obiektu przy prędkościach do 12 tys. obr/min., co jest możliwe dzięki wyposażeniu jej w napęd elektryczny o mocy 6,3 MW oraz pompy próżniowe, które tworząc środowisko próżni minimalizują moc potrzebną do przeprowadzenia testów oraz wpływy temperaturowe.

Do dyspozycji ponadto są agregaty dostarczające olej smarujący do obiektu testowego, integrujący całość zaawansowany system sterowania i akwizycji danych oraz kamery szybkoklatowe Phantom v1612, rejestrujące filmy wysokiej jakości przy ultra szybkich prędkościach (do 1 mln klatek/sek.).

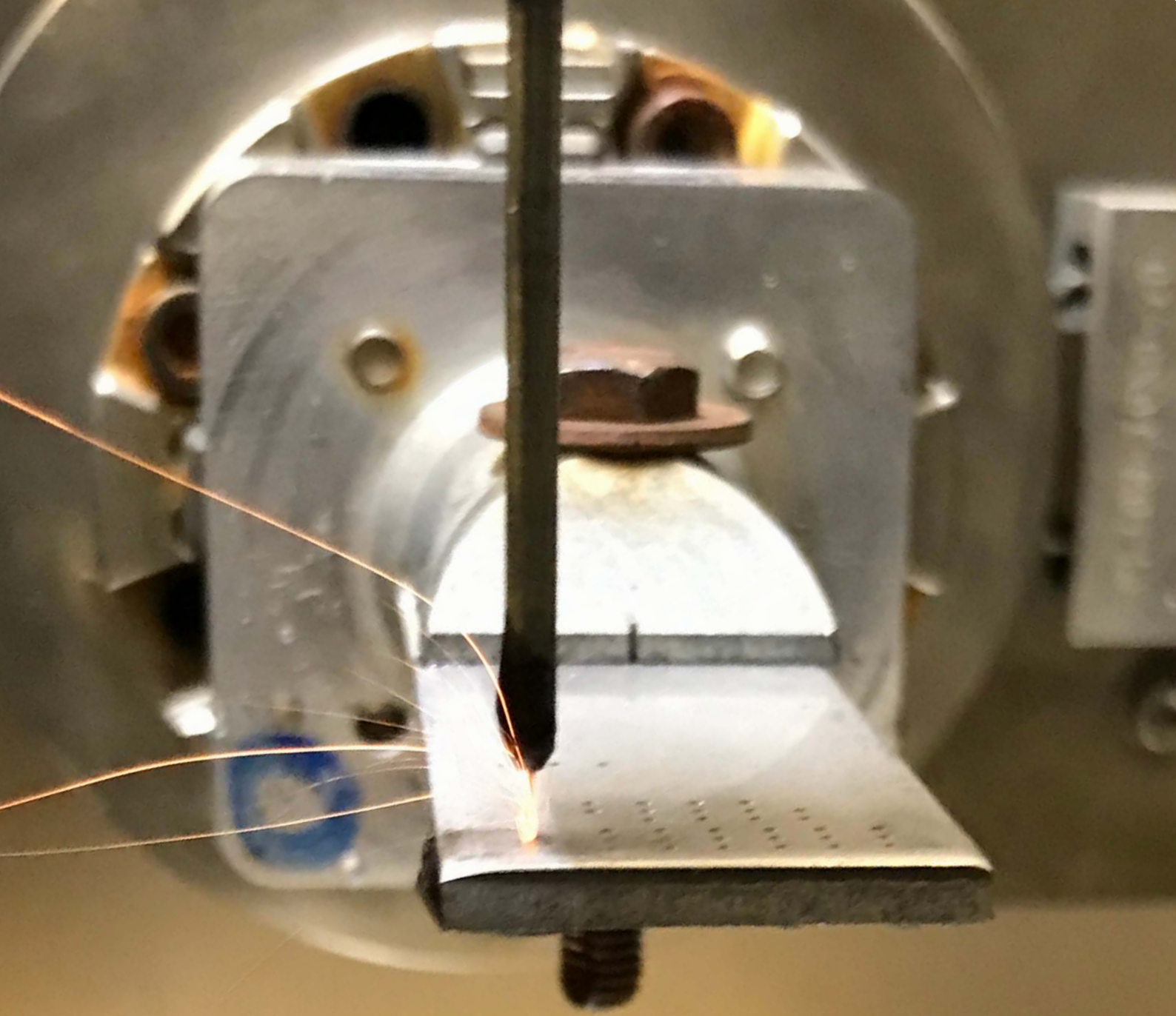
Prowadzone testy pozwalają w szybki i efektywny sposób sprawdzać powstające komponenty oraz na bieżąco wprowadzać niezbędne poprawki.



## LABORATORIUM TECHNOLOGII PRZYROSTOWYCH

Laboratorium Technologii Przyrostowych jest częścią Engineering Design Center (EDC) – centrum Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytutu Lotnictwa. Specjalizuje się głównie w technologii wytwarzania przyrostowego trójwymiarowych obiektów metalowych - DMLM (Direct Metal Laser Melting), wykorzystując laser do topienia ultracienkich warstw sproszkowanego metalu. Najpopularniejsze materiały stosowane w tej technologii to stopy tytanu, stale nierdzewne, stale narzędziowe, superstopy niklu jak In718 oraz kobaltu i chromu, stopy aluminium oraz stale chirurgiczne. Obiekty uzyskiwane tą metodą posiadają drobne, gęste i homogeniczne własciwości.

Laboratorium dysponuje najnowszą drukarką DMLM wyprodukowaną przez firmę Concept Laser z grupy GE Additive – M2 Cusing Multilaser. Jest to druga generacja dobrze znanej na rynku wersji M2 Classic. Jej przestrzeń robocza wynosi 250 x 250 x 350 mm, a moc laserów to nawet do 2x400 W. Maszyna posiada kilka systemów pomiarowych umożliwiających nieustanny nadzór nad jakością produktu, powtarzalności oraz bezpieczeństwa procesu drukowania. Ten wysokiej klasy sprzęt umożliwia inżynierom prowadzenie projektów badawczych związanych z technologią przyrostową oraz wytwarzanie rzeczywistych prototypów części silników lotniczych, nad których rozwojem i wprowadzeniem do produkcji nieustannie pracują.



## LABORATORIUM TECHNOLOGII PRODUKCYJNYCH

Laboratorium Technologii Produkcyjnych jest częścią Engineering Design Center (EDC) – centrum Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytutu Lotnictwa. Jest ważnym pomostem łączącym zespoły inżynierskie projektujące m.in. chłodzone części turbiny wysokiego ciśnienia silników lotniczych z zakładami wytwarzającymi.

### Stanowisko precyzyjnego wiercenia elektroerozyjnego

Dzięki możliwości prototypowania procesów precyzyjnego elektrodrążenia otworów o średnicach od 0,2 mm do 5 mm, umożliwia ono uzyskiwanie optymalnych rozwiązań konstrukcyjnych, które stanowią kompromis pomiędzy oczekiwaniami projektantów oraz ograniczeniami technologicznymi występującymi w produkcji. Laboratorium może wykonywać otwory zarówno okrągłe jak i kształtowe, a obszar roboczy umożliwia obróbkę detali o wymiarach: 300x300x300 mm.

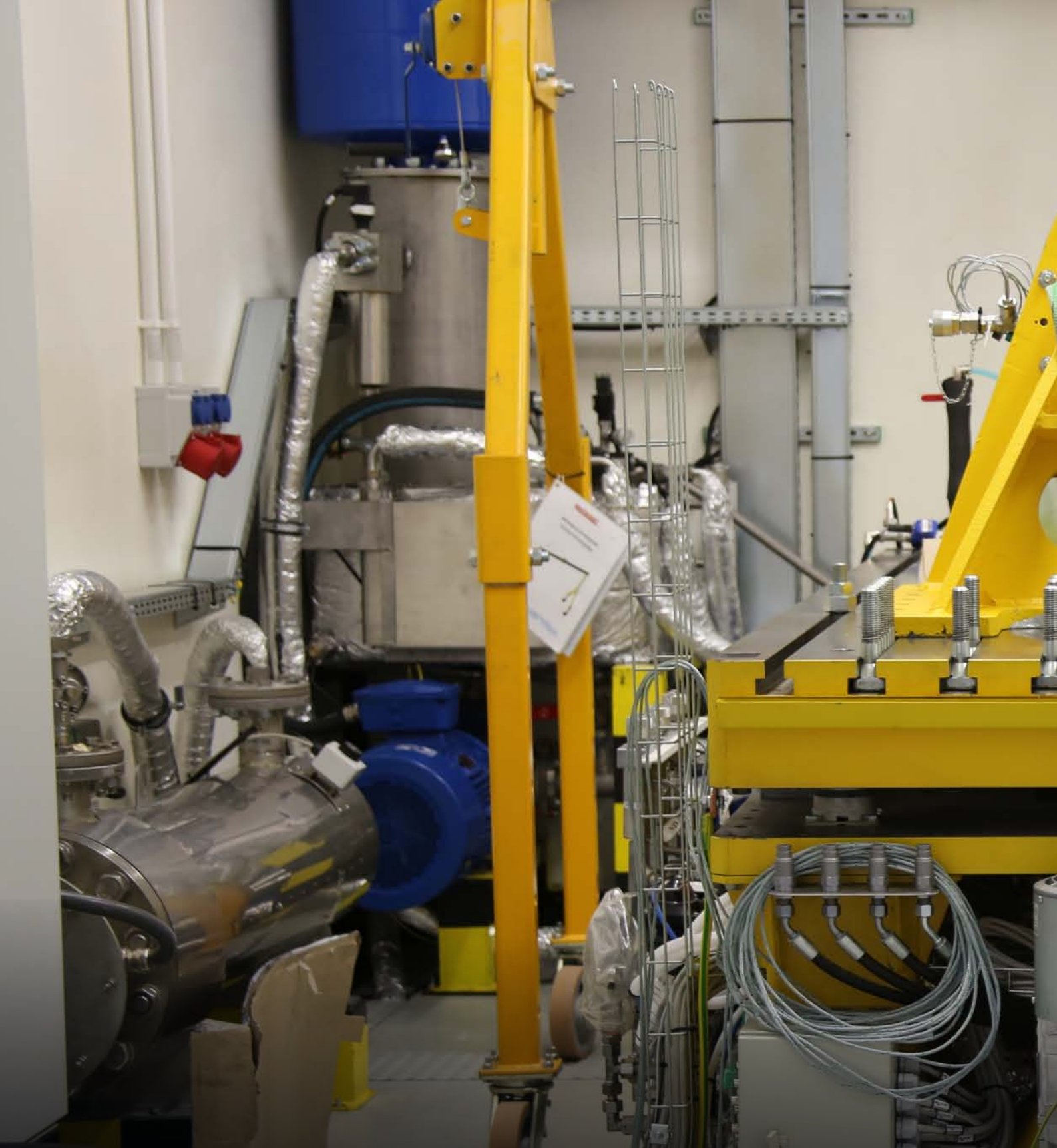
### Stanowisko do analizy mikrogeometrii oraz stanu powierzchni

Laboratorium, przy wykorzystaniu systemu Alicona, wykonuje także pomiary geometrii, analizę powierzchni oraz skanowanie elementów takich jak wtryskiwacze.



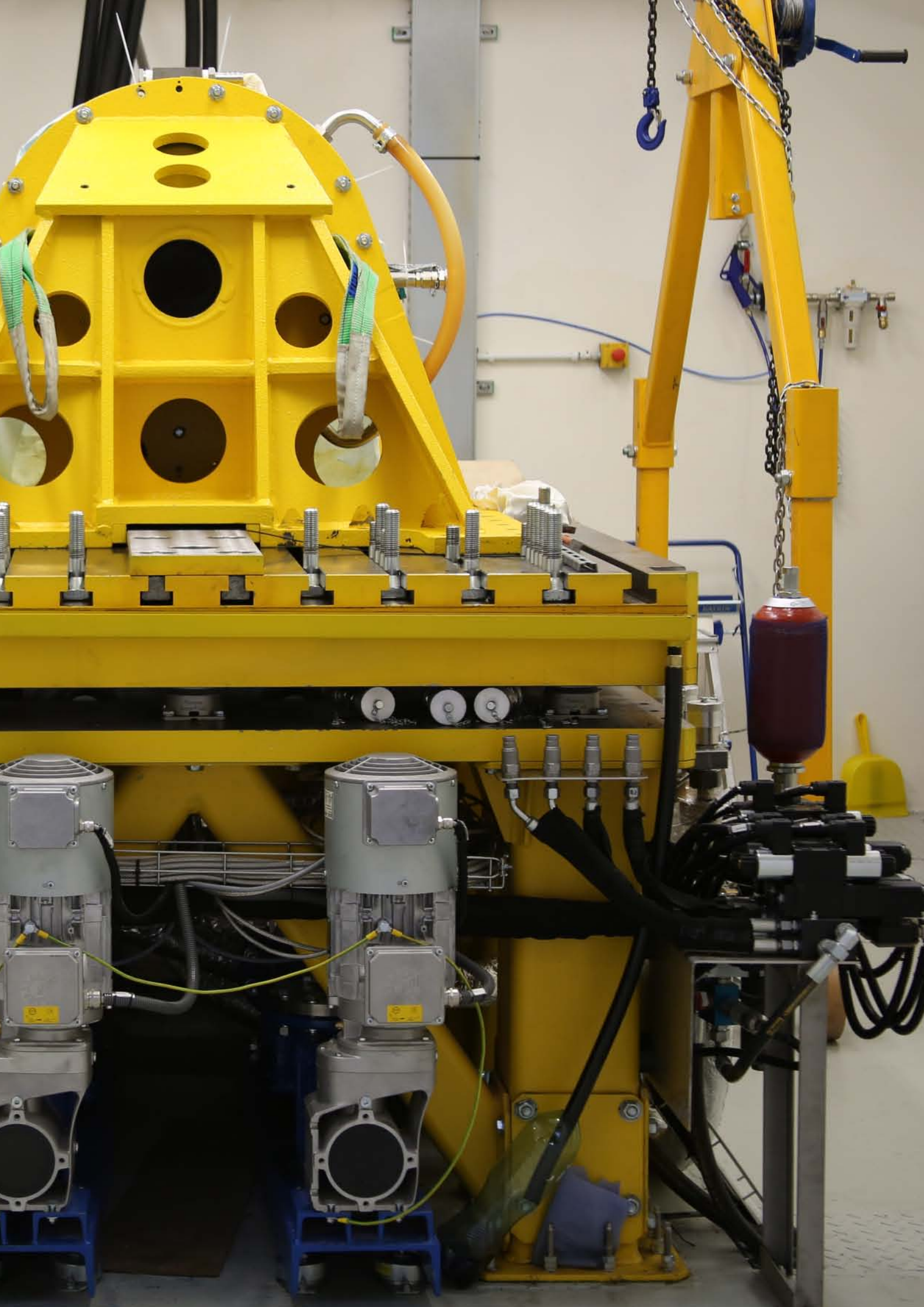
## LABORATORIUM MATERIAŁOZNAWSTWA

Laboratorium Materiałoznawstwa jest częścią Engineering Design Center (EDC) – centrum Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytutu Lotnictwa i jest jedną z najlepiej wyposażonych placówek badawczych w Polsce i w Unii Europejskiej w obszarze analiz zniszczeń.
Głównymi zadaniami laboratorium są analizy materiałowe i analizy zniszczeń komponentów silników komercyjnych, turbin gazowych, turbin parowych, sprężarek i silników tłokowych, czy turbin wiatrowych. Laboratorium wspiera analizy w obszarze lotnictwa, przetwórstwa ropy naftowej i gazów, energetyki oraz pochodnych.
Ta placówka jest akredotowana w odniesieniu do normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 dla wybranych metod badawczych takich jak: pomiar twardości, pomiar grubości powłok oraz badania nieniszczące (penetracyjne).



## LABORATORIUM BADANIA ŁOŻYSK

Engineering Design Center (EDC) – centrum Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytutu Lotnictwa dysponuje trzema stanowiskami badawczymi, pozwalającymi prowadzić testy trwałościowe i funkcjonalne obiektów wirujących z prędkościami do 52000 obr/min. Infrastruktura laboratorium umożliwia symulowanie warunków lotniczych takich jak doprowadzenie gorącego oleju (120 l/min, 40 bar, 150°C), obciążenie siłami oraz ciśnieniowanie zimnym lub gorącym powietrzem (2 kg/s, 8 bar, 500°C). Zaawansowany system sterowania i akwizycji danych daje możliwość prowadzenia testów w trybie ręcznym lub automatycznym, rejestrując z częstotliwością do 25 kHz takie parametry pracy jak temperatura, ciśnienie, przepływy, drgania, odkształcenia czy prędkości.



# BADANIA PODWOZI

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa jest wiodącym w Polsce centrum projektowania i badań podwozi lotniczych. Znaczna część podwozi lotniczych samolotów i śmigłowców produkowanych w polskich fabrykach została zaprojektowana oraz przebadana w laboratorium badań podwozi, które oferuje zestaw kompleksowych usług inżynierskich, takich jak: projektowanie, analizy, badania i nadzór nad wykonaniem prototypów.

Laboratorium Badań Podwozi Lotniczych prowadzi badania podwozi, hamulców i innych konstrukcji w zakresie energochłonności, wytrzymałości statycznej, dynamicznej i zmęczeniowej, charakterystyk dynamicznych, funkcjonalnych oraz odporności na obciążenia udarowe zgodnie z przepisami: FAR, EASA, MIL, AP. Laboratorium Badań Podwozi Lotniczych posiada akredytację Polskiego Centrum Akredytacji o numerze AB-131.

Zakres badawczy (zgodnie z zakresem akredytacji):

- Siła: 0,1 do 400 kN.
- Przemieszczenie: 0,05 do 2400 mm.
- Odkształcenia względne: 10 do 15000 μm/m.
- Prędkość obrotowa: 10 do 20000 obr/min.
- Przyspieszenie: 0 do 200 m/s².
- Ciśnienie: 0 do 60 MPa.
- Temperatura: -40 do 1084°C.

Metody pomiarowe:

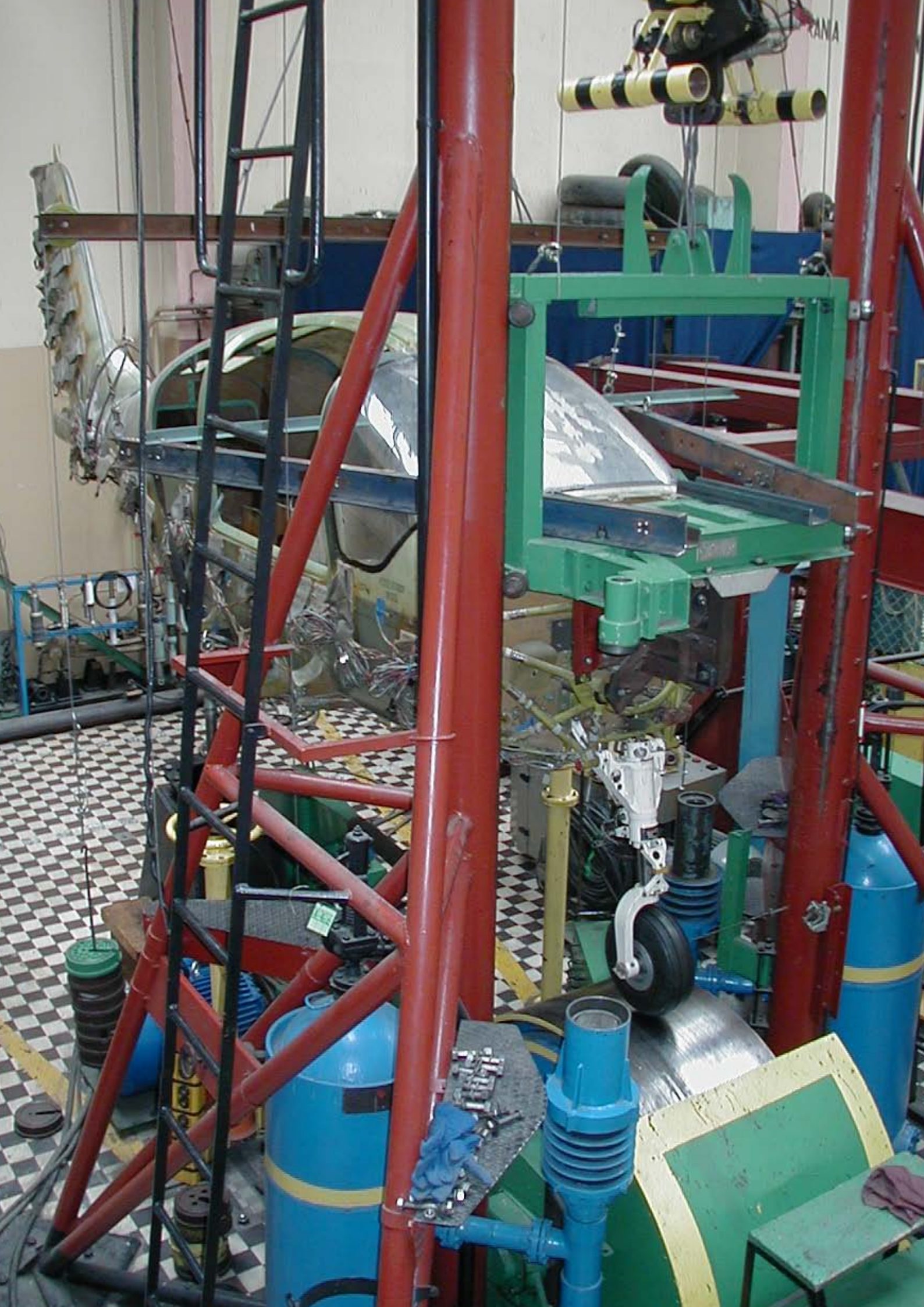
- Pomiary elektryczne wielkości fizycznych.
- Pomiary termowizyjne kamerą FLIR SC645 (Pomiary poza akredytacją AB-131).
- Pomiary szybką kamerą Phantom VEO 410L (omiary poza akredytacją AB-131).

Zakres badań:

- Podwozia lotnicze.
- Hamulce.
- Materiały cierne.
- Amortyzatory.
- Tłumiki.
- Energochłonność.
- Wytrzymałość statyczna i dynamiczna.
- Zmęczenie.
- Charakterystyki dynamiczne i funkcjonalne.
- Odporność na obciążenia udarowe.

Przemysł:

- Lotnictwo, motoryzacja, przemysł ogólny.



## STANOWISKO DO ZRZUTÓW MŁOT 3 T Z BIEŻNIĄ

Młot służy do badania amortyzacji podwozi lotniczych w warunkach zbliżonych do warunków lądowania oraz kołowania, badania „shimmy" podwozi, jak również do badania hamulców, kół i ogumienia. Stanowisko umożliwia zadawanie obciążeń dynamicznych w postaci przejazdu przez przeszkodę.

Specyfikacja stanowiska:

- Maksymalna masa obiektu wraz z elementami montażowymi: 3 t (może być rozszerzona do 6,5 t do badań kół).
- Maksymalna siła pionowa przy zrzucie: 118 kN.
- Prędkość maks. obrotowa bieżni: 800 rpm.
- Prędkość maks. obwodowa bieżni: 58,6 m/s.
- Średnica / szerokość bieżni: 1400 mm/530 mm.
- Momenty bezwładności bieżni (regulowane):
  - I1 = 294 kgm².
  - I2 = 550 kgm².
  - I3 = 588 kgm².
  - I4 = 843 kgm².

Charakterystyka badawcza:

- Testy dynamiczne (zrzuty).
- Testy „shimmy”.
- Najazd na przeszkodę.
- Testy hamulców.
- Toczenie kół.

## STANOWISKO DO ZRZUTÓW MŁOT 10 T

Młot 10 t służy do badania amortyzacji podwozi lotniczych w warunkach zbliżonych do warunków lądowania. Możliwe jest także przeprowadzenie prób udarowych np. tłumików, amortyzatorów oraz prób określających zdolność pochłaniania energii (crash).

Specyfikacja stanowiska:

- Maksymalna masa obiektu wraz z elementami montażowymi: 10 t.
- Maksymalne siły przy zrzucie:
  - Siła pionowa 392 kN.
  - Siła pozioma 196 kN.
  - Siła boczna 157 kN.
- Maksymalne ciśnienie odboju (odciążenie): 3 MPa.
- Maksymalna prędkość rozkręcania koła: 111 m/s.
- Maksymalna prędkość opadania: do 8 m/s – zależna od wysokości badanego obiektu.

Charakterystyka badawcza:

- Testy dynamiczne (zrzuty).
- Testy statyczne kół.
- Testy funkcjonalne.

2,1kN


ZAWIESZONYM

## UNIWERSALNE STANOWISKO DO BADAŃ STATYCZNYCH

Stanowisko służy do przeprowadzania badań statycznych, wytrzymałościowych oraz funkcjonalnych elementów konstrukcji oraz całych zespołów. Stanowisko może również służyć jako uniwersalna platforma montażowa ze względu na modułowość zastosowanego osprzętu technologicznego.

Specyfikacja stanowiska:

- Wymiary platformy 6,6 x 2,4 m.
- Maksymalne siły wymuszające ściskające maks. 20 t – 5 linii.
- Maksymalne siły wymuszające rozciągające maks. 20 t – 5 linii.

Charakterystyka badawcza:

- Badania statyczne.
- Badania funkcjonalne.
- Modułowa platforma badawczo-montażowa zapewniająca elastyczność badań.

## PRASA 40/20 T

Prasa służy do badania podwozi oraz ich zespołów, tj. kół i amortyzatorów w zakresie prób statycznych i wolnozmiennych oraz umożliwia określenie charakterystyk siła-przemieszczenie w dwuosiowych stanach obciążeń. Sposób zabudowy obiektów na stanowisku, pozwala na wykonanie takich prób również na innych, nielotniczych, obiektach.

Specyfikacja stanowiska:

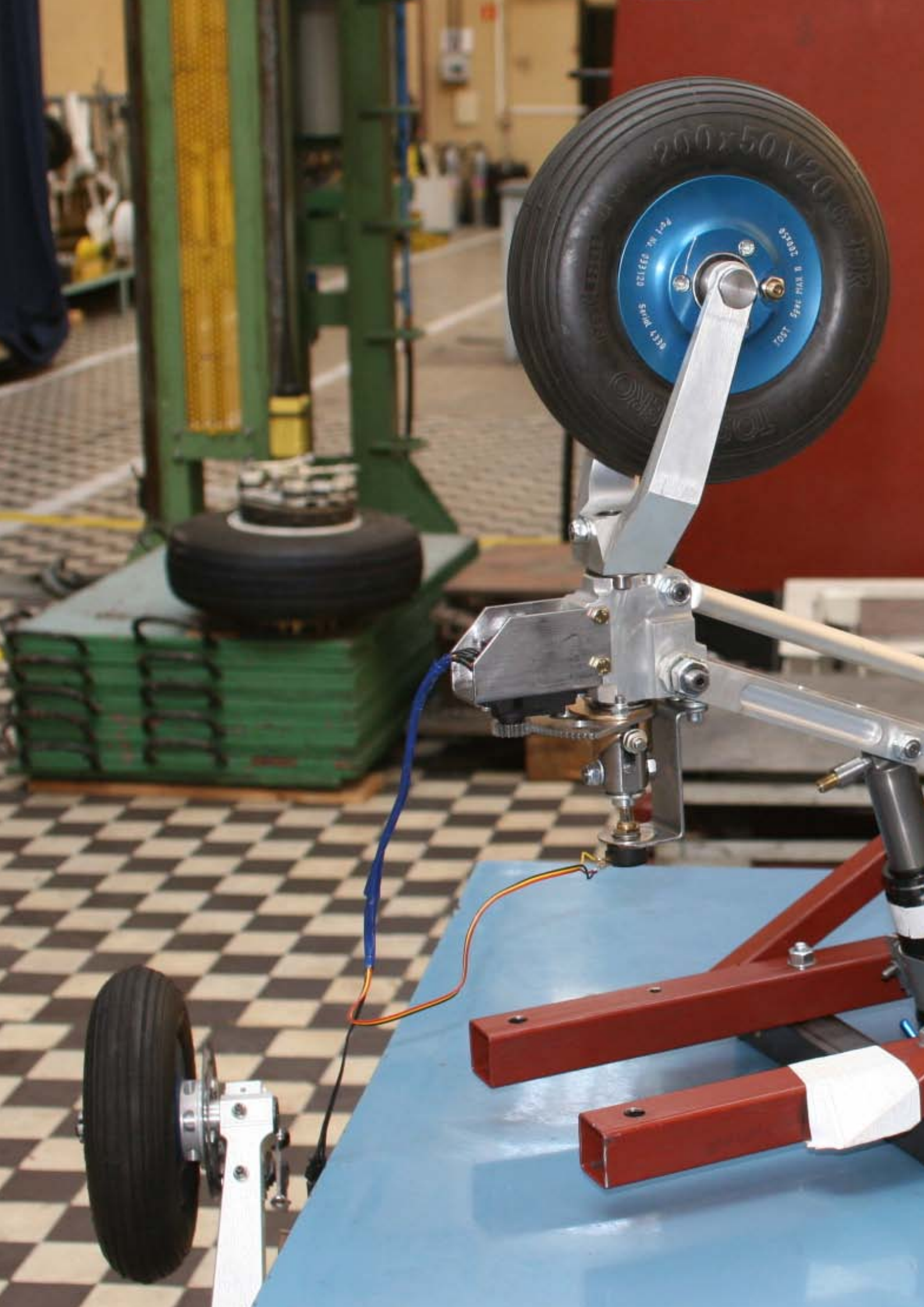
- Siła pionowa: do 392 kN.
- Siła pozioma: do 196 kN.
- Przemieszczenie w pionie: 400 mm.
- Prędkość pionowa: do 300 mm/min.
- Prędkość pozioma: do 300 mm/min.
- Wymiary stolika: 800 x 760 mm.
- Odległość pomiędzy stolikiem a suwakiem: 190 do 2000 mm.
- Praca w trybie utrzymania siły, przemieszczenia (ciągły lub skokowy).
- Możliwość zapisu przemieszczenia i sił (oraz do 8 zewnętrznych sygnałów analogowych).

Charakterystyka badawcza:

- Testy statyczne.
- Charakterystyki siła-przemieszczenie.
- Charakterystyki amortyzatorów, tłumików, materiałowe.
- Testy statyczne kół.









## STANOWISKO DO BADAŃ MATERIAŁÓW CIERNYCH IL-68

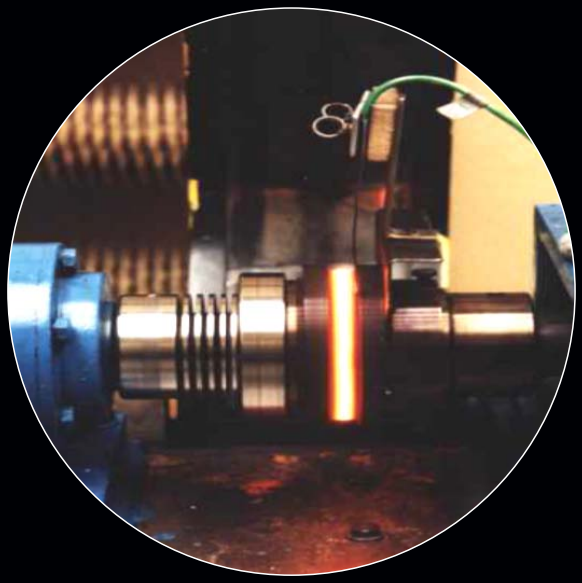
Stanowisko badawcze IL-68 umożliwia odtworzenie zjawisk zachodzących na powierzchni tarcia badanych próbek, a zarazem uzyskiwanie i pomiar szeregu parametrów charakteryzujących warunki pracy hamulca oraz współpracy par ciernych. Możliwe są także badania odporności cieplnej materiałów na klocki hamulcowe oraz innych par ciernych.

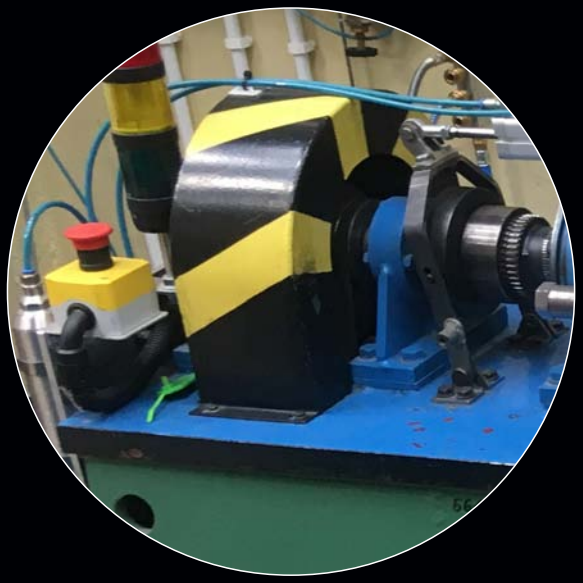
Specyfikacja stanowiska:

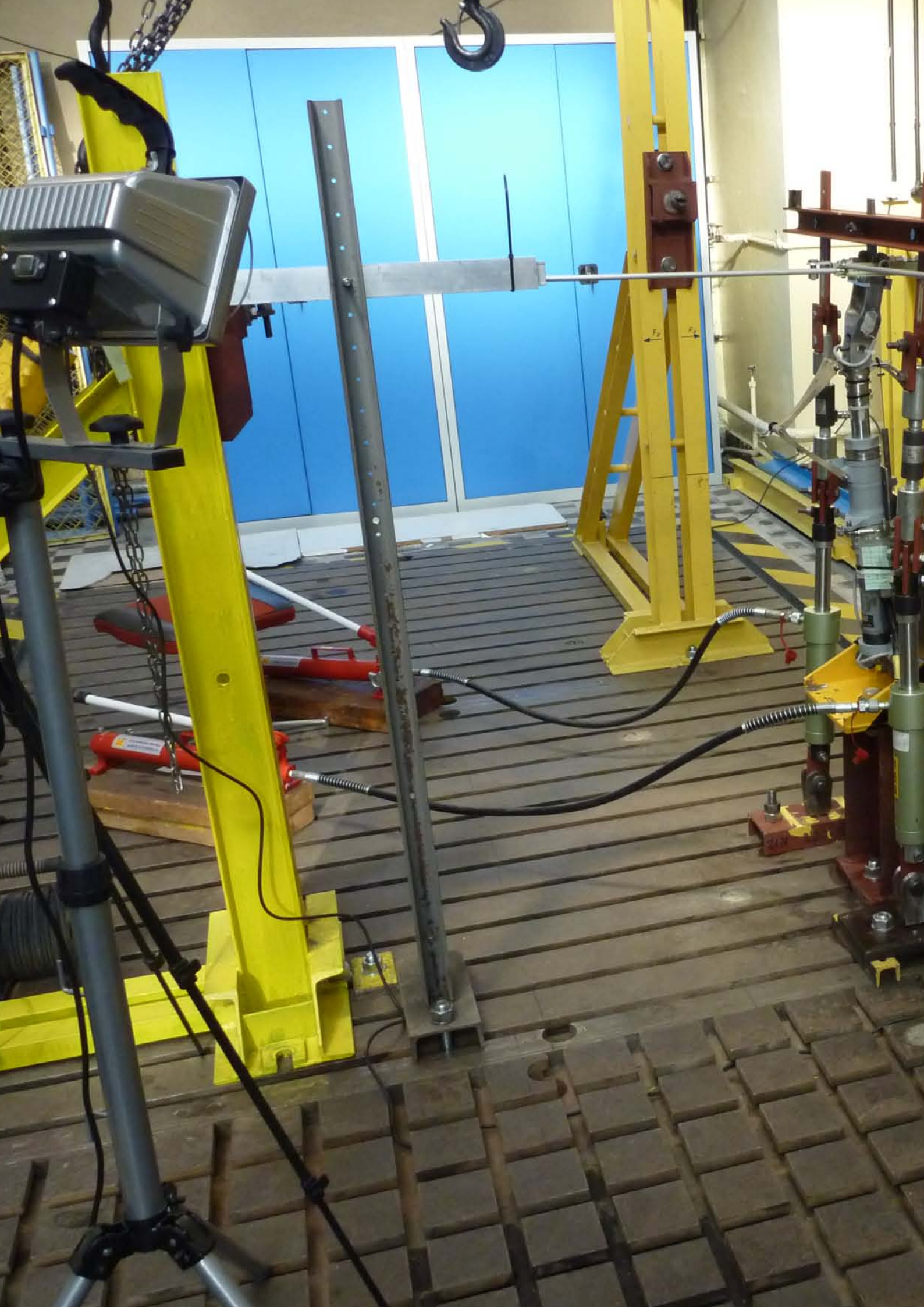
- Maksymalna prędkość obrotowa wału napędowego: 9000 rpm.
- Moment bezwładności: od (regulowany) 0,154 do 1,54 kgm² (krok co 0,098 kgm²).
- Maksymalna siła docisku na powierzchnię próbek: 5,88 kN.

Charakterystyka badawcza:

- Zużycie materiałów ciernych.
- Parametry pary ciernej:
  - Moment hamowania.
  - Siła hamowania.
  - Temperatura.
- Odporność cieplna materiałów ciernych.





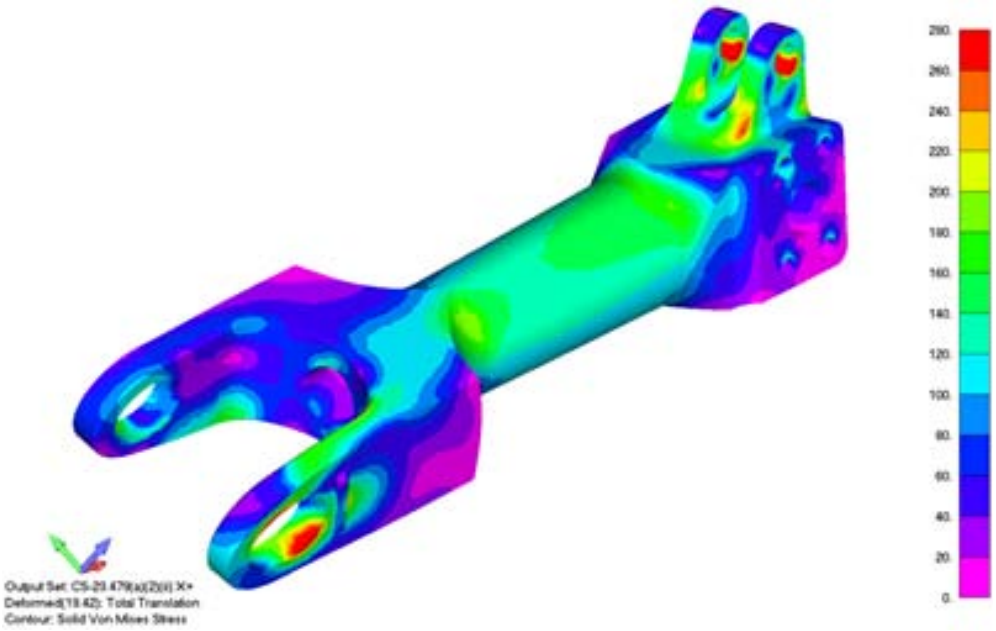


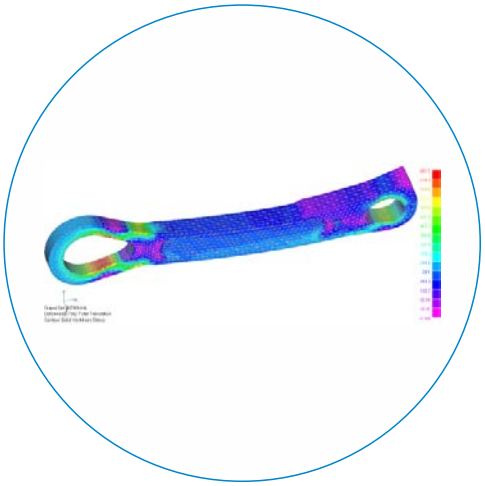
## USŁUGI INŻYNIERSKIE

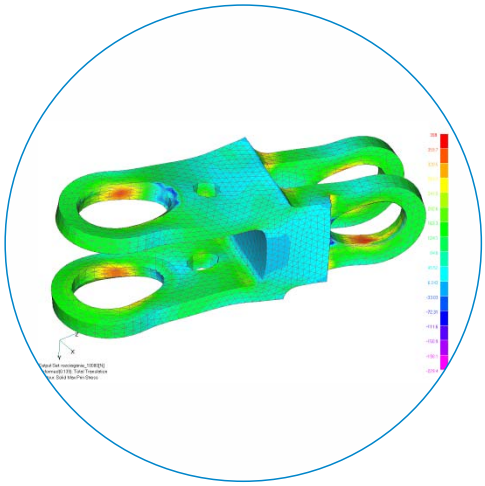
Zakres usług obejmuje:

- Kołowe i płozowe podwozia lotnicze.
- Tłumiki drgań „shimmy” i antyrezonansowe – jednostronnego i dwustronnego działania.
- Amortyzatory do podwozi lotniczych, siłowniki i zamki.
- Stoiska badawcze.
- Systemy przeciwpoślizgowe ABS do zastosowań w podwoziach lotniczych.
- Koła i hamulce wysokoenergetyczne.
- Podwozia do bezzałogowych statków powietrznych (BSP).
- Demonstratory technologii.
- Hamulce elektryczne do załogowych i bezzałogowych statków powietrznych (BSP).
- Ocena procesu projektowania oraz jego zgodności ze standardami lotniczymi.
- Projektowanie prowadzone jest w środowisku CAD 3D SOLID EDGE (kompatybilność z systemami NX i CATIA).
- Ocena stanu wiedzy w zakresie rozwiązań technologicznych podwozi lotniczych.
- Inne rozwiązania zależne od potrzeb klienta.







## ANALIZY

Zakres analiz:

- Obciążenia statyczne i dynamiczne elementów podwozi lotniczych oraz innych konstrukcji.
- Analizy drgań typu "shimmy".
- Analizy sztywnościowo-wytrzymałościowe, podatności elementów składowych lub całych podwozi lotniczych oraz innych konstrukcji (w tym kompozytowych).
- Optymalizacja i integracja elementów podwozia lotniczego oraz innych konstrukcji, układu hamulcowego, amortyzatorów.
- Zjawiska towarzyszące procesowi hamowania (dynamika, zjawiska cieplne, drgania).
- Ocena trwałości elementów podwozi lotniczych oraz innych konstrukcji metodami analitycznymi i doświadczalnymi.
- Analizy numeryczne energochłonności materiałów.
- Projektowanie i analizy energochłonnych struktur siatkowych (lattice structures) wykonywanych metodami przyrostowymi (druk 3D).
- Symulacje numeryczne badań zrzutowych podwozi.
- Analizy wykonywane są przy użyciu pakietów MSC NASTRAN/PATRAN, FEMAP/NASTRAN, i HYPER WORKS, analizy dynamiczne przy użyciu LS-DYNA.

# BADANIA DRGAŃ I BADANIA AKUSTYCZNE

Laboratorium Badania Drgań działające w ramach Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytutu Lotnictwa wykonuje badania rezonansowe statków powietrznych i innych obiektów, również spoza branży lotniczej, których celem jest wyznaczenie właściwości dynamicznych badanej konstrukcji lub jej elementów.

Ponadto, dla statków powietrznych, na podstawie wyników prób rezonansowych, prowadzone są analizy numeryczne z zakresu aeroelastyczności pozwalające wyznaczyć prędkości i postaci flatteru, co wymagane jest przez przepisy lotnicze.

Laboratorium wykonuje również badania drgań, badania akustyczne oraz pomiary innych wielkości i parametrów charakteryzujących pracę i umożliwiających diagnozowanie stanu maszyny, urządzenia, pojazdu czy statku powietrznego w warunkach ich eksploatacji.

Laboratorium wykonuje zarówno prace zlecane przez klientów zewnętrznych, jak i własne prace badawcze oraz realizowane w ramach projektów prowadzonych w Instytucie.

Wszystkie elementy wyposażenia laboratorium są przenośne, dlatego możliwe jest wykonanie badań w miejscu uzgodnionym z klientem.

## BADANIA WŁAŚCIWOŚCI AEROELASTYCZNYCH STATKÓW POWIETRZNYCH

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa posiada ponad 40-letnie doświadczenie w zakresie badań rezonansowych statków powietrznych, mając na koncie przebadanych kilkadziesiąt typów samolotów, szybowców oraz śmigłowców, a także ich podzespołów wytwarzanych przez krajowy i zagraniczny przemysł lotniczy. W laboratorium prowadzone są również analizy dynamiczne i aeroelastyczne, w tym analizy flatteru zgodnie z wymaganiami przepisów lotniczych. Danymi do tych analiz są wyniki badań rezonansowych lub wyniki obliczeń uzyskanych przy użyciu metody elementów skończonych (MES). Wyniki prób i analiz prowadzonych w Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytucie Lotnictwa uznawane są zarówno przez polskie, jak i zagraniczne organy nadzoru lotniczego.

Zakres badań:

- Próby rezonansowe statków powietrznych.
- Wyznaczanie prędkości i postaci flatteru na podstawie wyników prób rezonansowych.
- Obliczenia drgań własnych i flatteru przy użyciu metody elementów skończonych (MES).
- Przygotowanie programu prób flatterowych w locie.
- Wsparcie prób flatterowych w locie.
- Wsparcie certyfikacji samolotów nowych lub modyfikowanych.

Oprogramowanie:

- MSC.Nastran.
- JG2 (IPPT PAN).
- ZAERO (ZONA Technologies Inc.).
- SAF (Subsonic Aerodynamic Flutter).
- MSC.Patran, Siemens FEMAP.


SP
SPECJALN
SP
E N 4

## BADANIA WŁAŚCIWOŚCI DRGANIOWYCH

Laboratorium Badania Drgań wykonuje badania drgań i próby rezonansowe konstrukcji, urządzeń i ich elementów nie tylko z branży lotniczej, ale również z innych dziedzin techniki, np. motoryzacji, energetyki, kolejnictwa czy branży kosmicznej. Pomiary realizowane są za pomocą wielokanałowego systemu akwizycji danych z użyciem czujników przyspieszeń. Badania wykonywane są w warunkach pracy urządzenia lub po wzbudzeniu drgań obiektu siłą sinusoidalnie zmienną, siłą o przebiegu losowym lub impulsem siły.

Badane są zarówno małe obiekty, jak np. łopatki sprężarek osiowych, jak i duże obiekty jakimi są lądowiska wyniesione, w przypadku których badane są właściwości dynamiczne konstrukcji, a także oddziaływanie lądujących śmigłowców na budynek, jego wyposażenie i przebywających w nim ludzi.

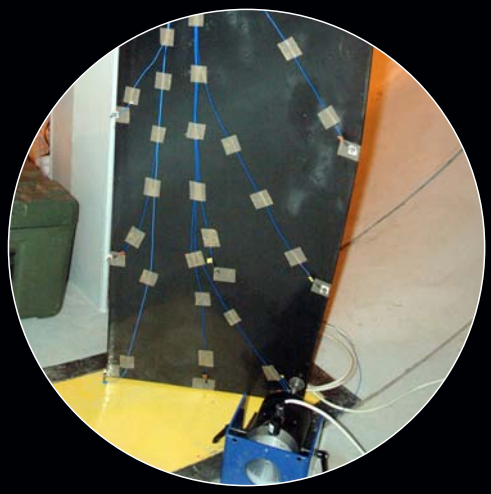
Zakres usług:

- Pomiary i analiza drgań.
- Badania rezonansowe konstrukcji – pomiar parametrów modalnych: częstotliwość, masa uogólniona, tłumienie, postać drgań własnych.
- Badania odpowiedzi obiektu na wzbudzenie impulsem siły.
- Badania odpowiedzi obiektu na wzbudzenie sygnałem losowym (szumem).
- Badania drgań obiektu na stole wibracyjnym.
- Obliczenia i weryfikacja właściwości drganiowych konstrukcji.

Wyposażenie:

- Wielokanałowe analizatory i rejestratory (łącznie do 256 kanałów, próbkowanie do 204 kHz).
- Wibrometr laserowy Polytec PSV 500 3D (bezdotykowy pomiar drgań).
- Czujniki przyspieszeń: (masa: 0,3–210 gramów; zakres częstotliwości: od 0,5 Hz do 40 000 Hz; zakres mierzonych przyspieszeń: 0,001 g do 1000 g).
- Młotki modalne (od 4,8 grama: 222 N, do 5,5 kg: 22 kN).
- Wzbudniki elektrodynamiczne (maksymalna siła: 1600 N).








HEMS
www.lpr.com.pl
LOTNICZE POGOTOWIE RATUNKOWE

## BADANIA AKUSTYCZNE

Laboratorium Badania Drgań zajmuje się także pomiarami z zakresu akustyki. W szczególności stosowana jest metoda lokalizacji źródeł dźwięku za pomocą tzw. kamery akustycznej. Zakres oferty badań akustycznych obejmuje ponadto metodę wyznaczania poziomów mocy akustycznej źródeł hałasu na podstawie pomiarów natężenia dźwięku wg norm ISO 9614-1 oraz ISO 9614-2, a także wyznaczanie poziomów dźwięku i zawodowej ekspozycji na hałas w środowisku pracy przez pomiar poziomu ciśnienia akustycznego wg normy PN-EN ISO 9612.

Zakres badań:

- Lokalizacja źródeł dźwięku.
- Wyznaczanie poziomu mocy akustycznej.
- Pomiary natężenia dźwięku.
- Pomiary poziomu ciśnienia akustycznego.

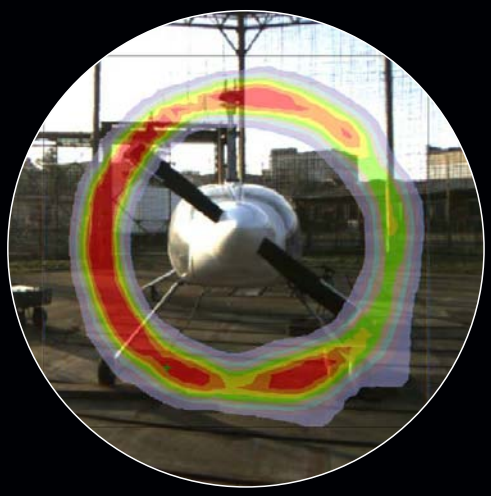
Wyposażenie:

- Kamera akustyczna MicrodB HDCamV2 (36 mikrofonów).
- Sonda natężeniowa G.R.A.S. 50AI-L.
- Mikrofon powierzchniowy G.R.A.S. 40LS (grubość 2,5 mm).
- Mikrofony pola swobodnego 1” PCB 377 B02.
- Przenośny analizator dźwięku i drgań SVAN 912AE.

## BADANIA EKSPLOATACYJNE

Oferta badawcza Laboratorium obejmuje również pomiary drgań eksploatacyjnych maszyn, urządzeń czy pojazdów w warunkach ich pracy. Stosowany w tym celu system akwizycji danych umożliwia pomiar drgań w wielu punktach (do 256 kanałów) przy pomocy odpowiednich czujników a także pomiar i rejestrację innych wielkości fizycznych potrzebnych do monitorowania pracy i oceny stanu badanego urządzenia. Dostępne są wejścia dla czujników napięciowych (+/- 10V), ICP/IEPE oraz mostków tensometrycznych (1/4-, 1/2-, i pełny mostek).
Wysoka częstotliwość próbkowania systemu pomiarowego (do 204 kHz) umożliwia realizację badań zjawisk szybkozmiennych, jak na przykład zderzenia z badaną strukturą obiektów wystrzelonych z działa pneumatycznego, czy też stanów przejściowych jak rozruch czy hamowanie urządzenia.





# TECHNOLOGIE KOMPOZYTOWE

## ROZWÓJ TECHNOLOGII WYTWARZANIA STRUKTUR KOMPOZYTOWYCH

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa posiada zaawansowane zaplecze technologiczne wykorzystywane do prac nad nowymi technologiami oraz do wytwarzania prototypowych struktur kompozytowych. W ramach prac badawczych dla zaprojektowanych rozwiązań konstrukcyjnych opracowane są technologie wykonania, a wytworzone prototypy struktur poddawane są dalszym testom.

W zakres oferty Instytutu wchodzą następujące usługi:

## OPRACOWANIE PROCESU UTWARDZANIA PREIMPREGNATÓW TERMOUTWARDZALNYCH W TECHNOLOGII AUTOKLAWOWEJ I BEZAUTOKLAWOWEJ ORAZ TECHNOLOGIA ZROBOTYZOWANEGO SYSTEMU UKŁADANIA TAŚM KOMPOZYTOWYCH

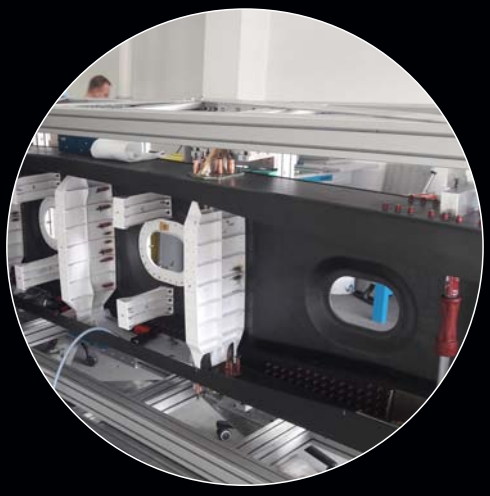
- Wydajne środowisko zrobotyzowanego systemu układania taśm kompozytowych (ang. *Automated Fiber Placement*) w Łukasiewicz - Instytucie Lotnictwa stworzone do opracowywania nowoczesnych przemysłowych metod wytwarzania części z materiałów kompozytowych.
- Wdrożona metodyka walidacji jakości prowadzonych prac.
- Opracowane procesy wytwarzania struktur termoplastycznych, termoutwardzalnych oraz automatycznego nakładania włókien do procesu infuzji.

## TECHNOLOGIA *BLADDER MOLDINGU* I INFUZJI

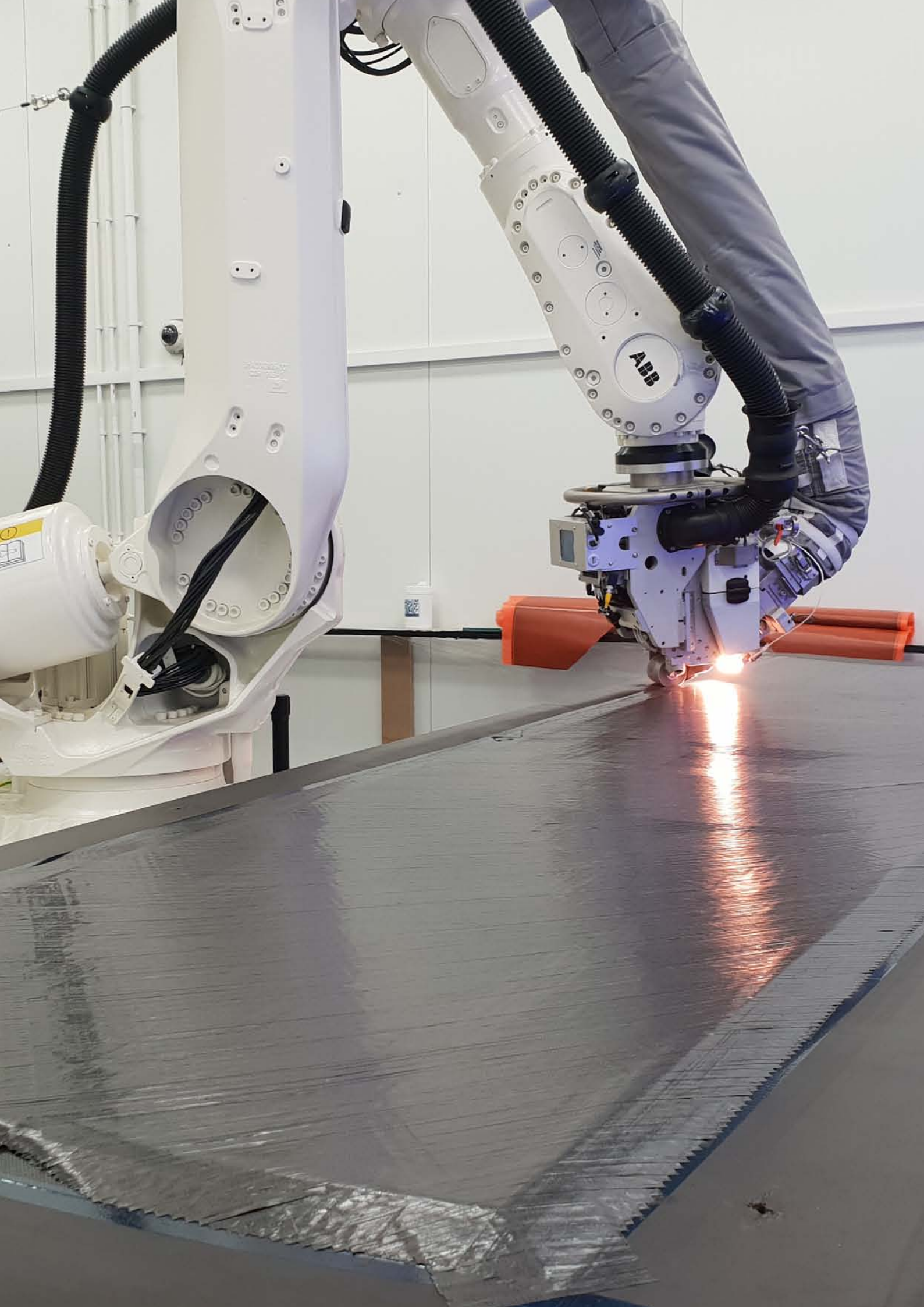
- Projektowanie procesów wytwarzania w technologiach *bladder molding* i infuzji z nastawieniem na optymalizację i integrację części kompozytowych.
- Nowoczesna aparatura pozwalająca na sprawne prototypowanie procesów wytwórczych.

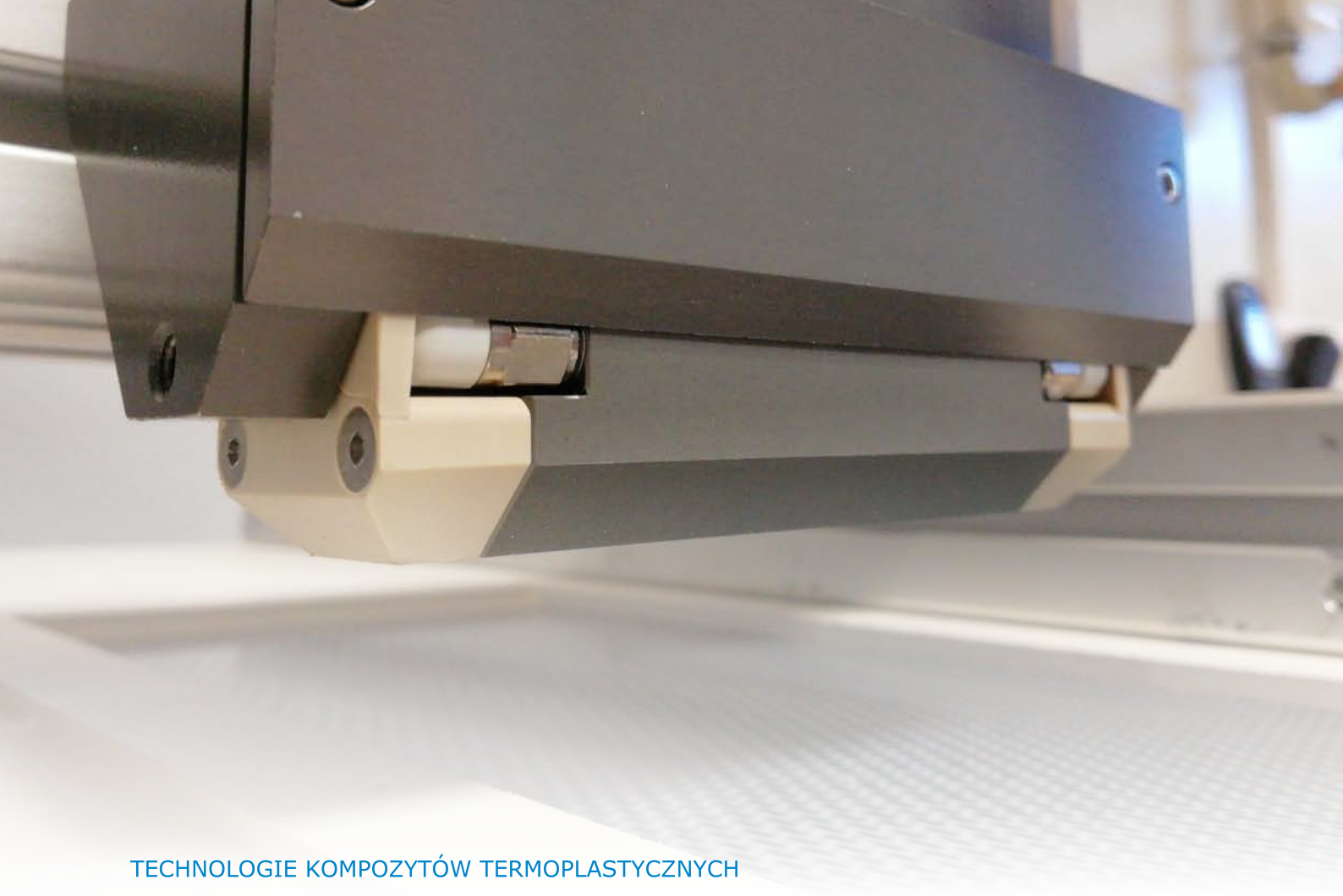
## PROJEKT I WYKONANIE FOREMNIKÓW I PRZYRZĄDÓW MONTAŻOWYCH STRUKTUR KOMPOZYTOWYCH

- Wieloletnie doświadczenie w przygotowywaniu procesu wytwórczego części kompozytowych wykonanych z preimpregnatów.
- Projektowanie oraz wytwarzanie wysokotemperaturowych foremników do procesów bezautoklawowych i autoklawowych.
- Przygotowanie procesu montażu części i elementów.






ABB



## TECHNOLOGIE KOMPOZYTÓW TERMOPLASTYCZNYCH

Od ponad 30 lat termoplasty zdobywają rynek technologiczny w zakresie komercyjnych zastosowań w konstrukcjach zarówno cywilnych, jak i wojskowych ze szczególnym uwzględnieniem statków powietrznych. W odpowiedzi na ciągły wzrost zainteresowania materiałami kompozytowymi o osnowie termoplastycznej Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa podejmuje działania mające na celu rozwój technologii właśnie w tym obszarze.

W zakres oferty instytutu wchodzą następujące usługi:

### TECHNOLOGIA KONSOLIDACJI PREIMPREGNATÓW TERMOPLASTYCZNYCH WZMACNIANYCH WŁÓKNEM WĘGLOWYM LUB SZKLANYM

- Metodyka opracowania procesów konsolidacji preimpregnatów termoplastycznych w oparciu o badania nieniszczące i badania laboratoryjne.

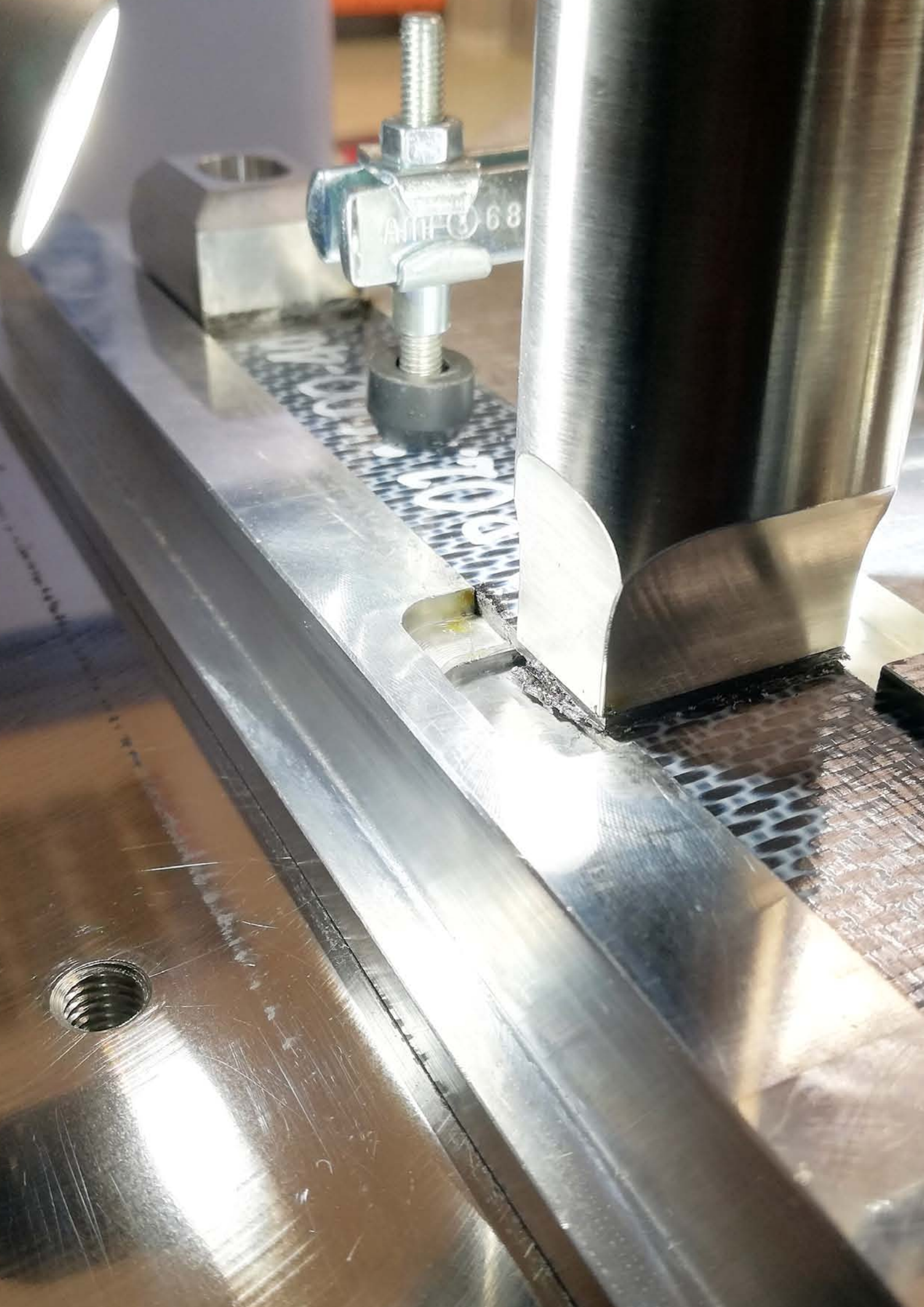
### TECHNOLOGIE TERMOFORMOWANIA CZĘŚCI

- Modelowanie procesu formowania materiałów kompozytowych z użyciem oprogramowania PAM COMPOSITES – PAM FORM.
- Projektowanie oprzyrządowania, modelowanie elastycznych elementów formujących – stempli silikonowych z wykorzystaniem oprogramowania ABAQUS.
- Wytwarzanie prototypowych części kompozytowych w procesie termoformowania na prasie.

### ŁĄCZENIE KOMPOZYTÓW TERMOPLASTYCZNYCH

- Opracowanie technologii zgrzewania kompozytów termoplastycznych w procesie zgrzewania elektrooporowego i ultradźwiękowego.
- Opracowanie technologii klejenia, dobór klejów i metody przygotowania powierzchni.

Centrum Technologii Kompozytowych, działające w ramach Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytutu Lotnictwa, dysponuje bazą materiałową dla materiału PEEK TC 1200, PAEK TC 1225 oraz PPS TC 1100.

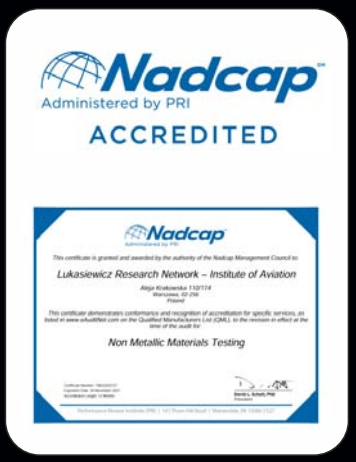


## BADANIA KWALIFIKACYJNE MATERIAŁÓW KOMPOZYTOWYCH

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa posiada wysoki potencjał w zakresie badań materiałów kompozytowych. Laboratorium Badań Kompozytów wykonuje kompleksowe badania materiałów kompozytowych przeznaczonych dla struktur lotniczych. Badania realizowane są przy użyciu nowoczesnej aparatury badawczej zgodnie z międzynarodowymi normami. Laboratorium **Badań Kompozytów posiada akredytację PCA oraz NADCAP w zakresie badań materiałów niemetalowych.**

W zakres oferty instytutu wchodzą następujące usługi:

- Badania kwalifikacyjne materiałów kompozytowych.
- Ocena tolerancji uszkodzeń na poziomie elementów.
- Testy statyczne i zmęczeniowe, maks. obciążenie do 250 kN.
- Badania w temperaturze od -130°C do 315°C.
- Cyfrowa korelacja obrazu, użycie tensometrów i ekstensometrów.
- Badania przy użyciu ustandaryzowanych przyrządów oraz projektowane i wytwarzanie przyrządów badawczych dostosowanych do indywidualnych potrzeb klientów.
- Badanie odporności na uderzenia; symulowany zakres energii od 0,59 J do 1800 J.
- Analiza termiczna materiałów kompozytowych DMA, DSC, TGA, FTIR.
- Przygotowywanie próbek: cięcie, szlifowanie, wiercenie, klejenie, kondycjonowanie.




## BADANIA WŁAŚCIWOŚCI MATERIAŁOWYCH

| | |
|---|---|
| Rozciąganie | ASTM 3039 |
| Ściskanie | ASTM D3410, ASTM D6641 |
| Ścinanie | ASTM D3518, ASTM D5379, ASTM D7078 |
| Ścinanie międzywarstwowe | ASTM D2344 |
| Trójpunktowe zginanie | ASTM D790 |
| Pękanie – I, II, I/II sposób pękania | ASTM D5528, ASTM D6115; ASTM D7905; ASTM D6671 |

## BADANIA LAMINANTÓW

| | |
|---|---|
| Ściskanie próbki z otworem | ASTM D6484 |
| Rozciąganie próbki z otworem | ASTM D5766 |
| Ściskanie po uderzeniu | ASTM D7136, ASTM D7137 |

## BADANIA POŁĄCZEŃ SWORZENIOWYCH

| | |
|---|---|
| Rozciąganie połączeń sworzeniowych | ASTM D5961 |
| Wyrywanie sworzenia | ASTM D7332 |

## BADANIA KLEJÓW

| | |
|---|---|
| Ścinanie | ASTM D1002, ASTM D5656, ASTM D3528 |
| Odrywanie | ASTM D3167, ASTM D1781 |

## BADANIA WYPEŁNIACZY ORAZ STRUKTUR PRZEKŁADOWYCH

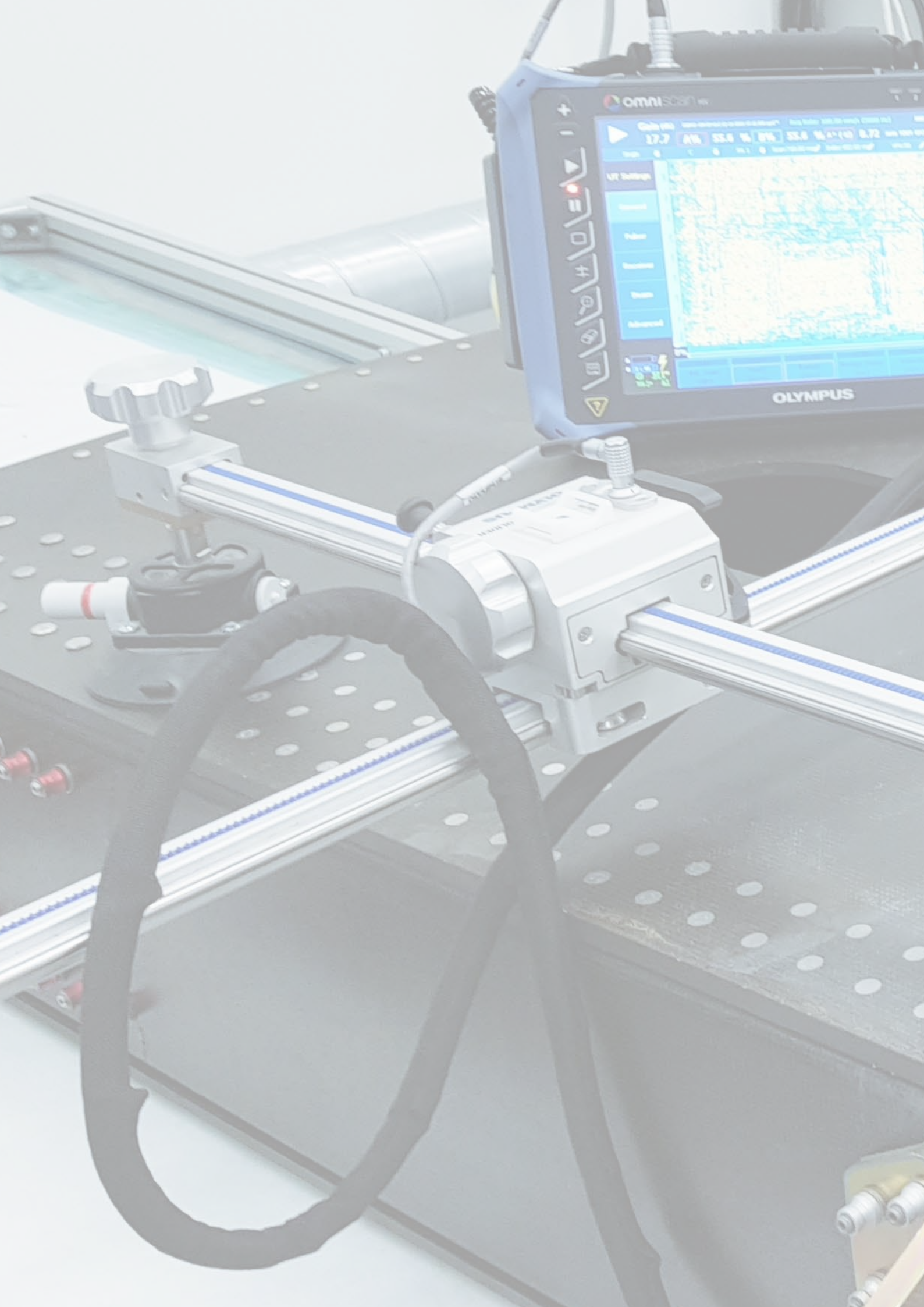
| | |
|---|---|
| Ściskanie | ASTM C365 |
| Ścinanie wypełniacza | ASTM C393, ASTM C273 |
| Rozrywanie przekładki | ASTM C297 |
| Zginanie długiej belki | ASTM D7249 |

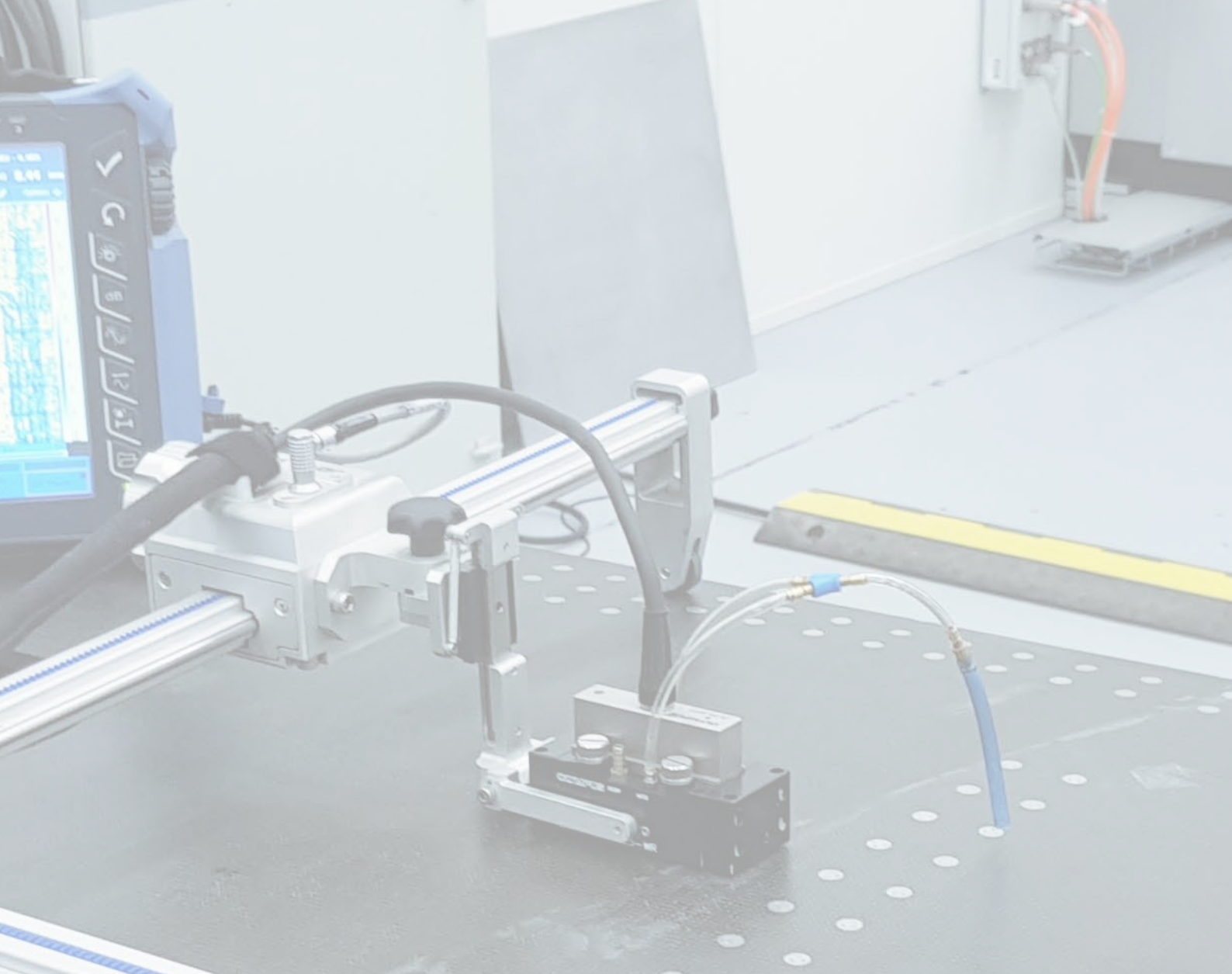
## BADANIA FIZYKO-CHEMICZNE
badanie nieutwardzonego preimpregnatu (czas żelowania, przepływ żywicy, zawartość żywicy)

| | |
|---|---|
| Zawartość włókien | ASTM D3171 |
| Temperatura zeszklenia | ASTM E1640, ASTM D7028 |
| Entalpia topnienia i krystalizacja polimerów | ASTM D3418 |
| Termograwimetria | ASTM E1131 |

## BADANIA NIENISZCZĄCE, ANALIZA MIKROSKOPOWA

| |
|---|
| Badania ultradźwiękowe laminatów |
| Analiza wizualna |
| Mikroskopowy pomiar porowatości |


OLYMPUS



## BADANIA NIENISZCZĄCE I PROCESY KONTROLI JAKOŚCI

Wszelkie prace technologiczne poddane są kontroli jakości. Proces kontroli jakości obejmuje kontrolę dokumentacji i materiałów, kontrolę procesu oraz kontrolę wyrobu. Zakres kontroli jakości dopasowywany jest każdorazowo do specyfiki prowadzonych prac.

W zakres oferty instytutu wchodzą następujące usługi:

- Ultradźwiękowe badania struktur kompozytowych techniką phased array (C-scan), konwencjonalną.
- Niskoczęstotliwościowe badania struktur kompozytowych techniką bond testing (C-scan), tap testing (woodpecker, młoteczek).
- Termograficzne badania struktur kompozytowych (aktywna termografia).
- Kontrola wizualna struktur kompozytowych.
- Kompleksowe opracowanie metodyk badań nieniszczących struktur kompozytowych.
- Projektowanie płyt kalibracyjnych.
- Wykrywanie wad typu: delaminacje, pęknięcia, porowatość, ciała obce.

## OPRACOWANIE KOMPLEKSOWYCH PROCESÓW KONTROLI JAKOŚCI STRUKTUR KOMPOZYTOWYCH

- Definiowanie procedur zapisu przebiegu produkcji oraz działań kontroli jakości dla każdego etapu wytwarzania kompozytowych struktur lotniczych.
- Definiowanie zakresu badań niszczących – próbek "świadków".
- Kontrola geometrii oprzyrządowania i struktur za pomocą skanera laserowego 3D.

# TELEDETEKCJA

Ważnym obszarem działalności Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytutu Lotnictwa jest szeroko rozumiana teledetekcja, w tym tworzenie, integracja i kalibracja nowoczesnych systemów pozyskiwania danych z uwzględnieniem technik wielospektralnych oraz tworzenie narzędzi mechatronicznych i robotycznych na potrzeby misji lotniczych. Nowoczesne zaplecze techniczne oraz doświadczenie zatrudnionych specjalistów umożliwiają realizację interdyscyplinarnych przedsięwzięć.

Prace teledetekcyjne rozwijane są w dwóch podstawowych kierunkach: rozwój narzędzi pomiarowych i systemów optoelektronicznych (sprzęt) oraz tworzenia zintegrowanych, systemowych rozwiązań (oprogramowanie i algorytmika) na potrzeby nowoczesnego lotnictwa. Realizacja prac informatycznych, ze szczególnym uwzględnieniem tworzenia aplikacji wspiera zarządzanie, automatyzację i optymalizację procesów w różnorodnych gałęziach gospodarki, przez co przyczynia się bezpośrednio do rozwoju kraju.

Specjaliści pracujący w obszarze teledetekcji zajmują się tworzeniem narzędzi, które umożliwiają prowadzenie bieżącego monitoringu przebiegu misji lotniczych, rakietowych i satelitarnych. Podejmowane są prace z zakresu transmisji danych, ich archiwizacji oraz zaawansowanych analiz i wizualizacji.

Na podstawie zdjęć lotniczych tworzone są opracowania mapowe oraz modele 3D, które są podstawą dla dalszych prac urbanistyczno-planistycznych i nowoczesnego zarządzania przestrzenią miejską. Dotychczas wypracowane rozwiązania finansowane m.in. przez Komisję Europejską (KE) i Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW) wspomagają pracę leśników i rolników. Dodatkowo szeroko promowane jest wykorzystanie danych lotniczych i satelitarnych w jednostkach administracji publicznej. Prowadzone są cykle szkoleń z zakresu pozyskiwania i przetwarzania geodanych oraz tworzenia warstw zasilających Systemy Informacji Przestrzennej (SIP).

Wiedza ekspercka w obszarach:

- IT – prace programistyczne, tworzenie zaawansowanych Systemów Informacji Przestrzennej.
- Zaawansowana algorytmika, integracja i opracowanie dużych zbiorów danych ze szczególnym uwzględnieniem zdjęć lotniczych i satelitarnych.
- Tworzenie, integracja i kalibracja nowoczesnych systemów pozyskiwania danych z uwzględnieniem technik wielospektralnych.
- Pomiar sygnatur spektralnych obiektów, analiza krzywych spektralnych, ekstrakcja informacji o parametrach biofizycznych obiektów na podstawie danych spektralnych.
- Zaawansowana wizualizacja geodanych ze szczególnym uwzględnieniem modelowania 3D oraz integracji danych wektorowych, rastrowych i opisowych.
- Precyzyjne pozycjonowanie z wykorzystaniem GNSS/INS.









# WSPÓŁPRACA

Globalizacja przemysłu oraz rynku badań naukowych wymaga współdziałania ze specjalistami z całego świata. Zarządzanie oparte na wiedzy i zwiększenie liczby projektów międzynarodowych umożliwia wspólne tworzenie i prowadzenie badań oraz wykorzystywanie ich wyników dla potrzeb lotnictwa.

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa prowadzi szeroką współpracę na rzecz rozwoju technologii lotniczych z wieloma uczelniami, instytucjami naukowymi, ośrodkami badawczymi i laboratoriami przemysłowymi z Polski, Europy, USA i Kanady.

## WSPÓŁPRACA PRZEMYSŁOWA I NAUKOWA

Na rynku krajowym i zagranicznym Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa współpracuje z wieloma organizacjami przemysłowymi (zarówno międzynarodowymi korporacjami, jak i małymi i średnimi przedsiębiorstwami krajowymi), uczelniami technicznymi, instytutami naukowymi oraz centrami transferu wiedzy.



## USA I KANADA

| | |
|---|---|
| GENERAL ELECTRIC | HONEYWELL |
| PRATT & WHITNEY | OHIO STATE UNIVERSITY |
| COLLINS AEROSPACE | |

## EUROPA

| | |
|---|---|
| AIRBUS | ISSNOVA |
| AIRBUS HELICOPTERS | CESA |
| GE AVIO AERO | TAI |
| LEONARDO HELICOPTERS | INSTYTUTY BADAWCZE EREA |

## POLSKA

| | |
|---|---|
| AIRBUS POLAND S.A. | POLITECHNIKA WARSZAWSKA |
| PZL MIELEC | WOJSKOWA AKADEMIA TECHNICZNA |
| POLSKA GRUPA ZBROJENIOWA | POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA |
| WOJSKOWE ZAKŁADY LOTNICZE | POLITECHNIKA RZESZOWSKA |
| PRATT & WHITNEY KALISZ | INSTYTUT TECHNICZNY WOJSK LOTNICZYCH |
| EUROTECH | WOJSKOWY INSTYTUT MEDYCYNY LOTNICZEJ |
| SZEL-TECH | URZĄD LOTNICTWA CYWILNEGO |
| P.W.METROL | PIT RADWAR |
| ULTRATECH | WB ELECTRONICS |
| ZAKŁADY LOTNICZE MARGAŃSKI&MYSŁOWSKi | AIRBUS POLAND |
| | WZL NR2 SA |

## PARTNERSTWO PUBLICZNO-PRZEMYSŁOWE

Od 2000 roku Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa rozwija współpracę ze światowym liderem branży inżynieryjnej – General Electric. Obie organizacje powołały wspólnie jedno z największych centrów inżynierskich w Europie, w którym rozwijane są miejsca pracy dla zespołów inżynierów o szerokim spektrum kompetencyjnym.

## KLIENCI KORPORACYJNI

Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa cieszy się uznaniem wielu znaczących przedsiębiorstw działających w branży lotniczej.

Nieprzerwanie od 2004 roku Instytut współpracuje z wiodącą na rynku produkcji silników samolotowych firmą Pratt&Whitney. Usługi badawcze wykonuje w Instytucie centrum badawcze specjalizujące się w badaniach materiałów i konstrukcji. Centrum to powołano w ramach realizacji programów offsetowych związanych z zakupem przez Polskę amerykańskich samolotów F-16. Powodem umiejscowienia tak odpowiedzialnych i ważnych badań w Instytucie było jego wieloletnie doświadczenie w tym zakresie. Badania materiałów i konstrukcji lotniczych prowadzone są od początku działalności Instytutu, czyli od 1926 roku.

## PARTNERZY NAUKOWI

Kadra naukowa Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytutu Lotnictwa wywodzi się z krajowych i zagranicznych uczelni oraz politechnik. Od dziesięcioleci główną kuźnią kadr Instytutu pozostaje Politechnika Warszawska, z którą Instytut współpracuje przy wielu wspólnych projektach badawczych oraz w stowarzyszeniach krajowych.

Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa współpracuje także z uczelniami zagranicznymi. Znaczącą współpracę naukową nawiązano m.in. z Ohio State University (Columbus, Ohio, USA). Obie instytucje uznały za korzystne, aby prowadzić działania w zakresie: współpracy naukowej, wymiany naukowej studentów, wykładowców i badaczy (wykłady, studia, badania naukowe), prowadzenia warsztatów, sympozjów itp. na tematy będące przedmiotem wspólnego zainteresowania, wspólnych publikacji, materiałów naukowych oraz literatury naukowej i technicznej. Owocem tej współpracy jest organizowana od 2000 roku Polsko-Amerykańska Konferencja Nauki i Technologii.

## PROJEKTY BADAWCZE

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa koordynuje i uczestniczy w wielu międzynarodowych konsorcjach w ramach projektów ogłaszanych przez Komisję Europejską (Clean Sky 2, SESAR) i Europejską Agencję Obrony oraz realizuje krajowe projekty badawcze w ramach Narodowego Centrum Badań i Rozwoju i Narodowego Centrum Nauki.

Uczestnicząc w programach europejskich Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa współpracuje z instytucjami naukowymi, firmami i najważniejszymi koncernami lotniczymi na kontynencie. Realizowane w konsorcjach badawczych projekty pomagają rozwijać przyszłościowe technologie dla lotnictwa.

Lista wybranych projektów realizowanych obecnie lub w przeszłości w ramach programów Clean Sky 2, SESAR Horyzont 2020, NCBiR, NCN oraz własnych środków statutowych:

| PROJEKTY EUROPEJSKIE | PROJEKTY KRAJOWE | PROJEKTY WŁASNE |
|---|---|---|
| AEROFAST | Bezzałogowy śmigłowiec do zadań specjalnych ILX-27 | Kompozytowy keson skrzydła dla samolotu ILX-34 |
| CESAR | INNOLOT 2 | Kompozytowe łopaty wirnika nośnego do śmigłowca ILX-27 |
| CHRZĄSZCZ | ISSLOT | |
| COAST | MOSUPS | |
| COMROTAG | Opracowanie i wdrożenie nowej generacji rozwiązań konstrukcyjnych, technologicznych i materiałowych do wirnika nośnego i elementów płatowca śmigłowca PZL W-3A Sokół | |
| DREAM | Samolot turbośmigłowy nowej generacji ILX-34 | |
| ESTERA | TECHMATSTRATEG | |
| ERA | | |
| FORSAT/FORROT /FORJET 2035 | | |
| HELIX | | |
| HIGHTRIP | | |
| HISAC | | |
| IMOTHEP | | |
| LATTE | | |
| MARENCO | | |
| NACRE | | |
| SAT-AM | | |
| SAT Rdmp | | |
| STARLET | | |
| TFAST | | |
| TRAIL | | |
| TURBO-REFLEX | | |
| WINGPLUSE | | |
| X-TEAM D2D | | |
| ADLAND | | |
| RASTAS SPEAR | | |

## MIĘDZYNARODOWE STOWARZYSZENIA LOTNICZE

Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa należy do światowych organizacji badawczych i technicznych. W ich strukturach podejmuje działania zmierzające do umocnienia pozycji polskiego sektora badawczego:

- ACARE – Advisory Council for Aeronautics Research in Europe.
- AHS – American Helicopter Society.
- AIAA – American Institute of Aeronautics and Astronautics.
- ASD – Aerospace and Defense Industries Association of Europe.
- CEAS – Council of European Aerospace Societies.
- EASN – European Aeronautics Science Network.
- EREA – European Research Establishments in Aeronautics.
- IAA – International Academy of Astronautics.
- ICAS – International Council of the Aeronautical Sciences.
- IFAR – International Forum on Aeronautical Research.
- STAI – Supersonic Tunnel Association.
- ICAF – International Committee on Aeronautical Fatigue.

## KRAJOWE KLASTRY I STOWARZYSZENIA LOTNICZE

W ramach współpracy krajowej Instytut przynależy także do wielu krajowych organizacji działających na rzecz branży lotniczej:

- AVIA-SPLot Sieć Porozumienia Lotniczego.
- AERONET – Dolina Lotnicza.
- Federacja Firm Lotniczych Bielsko.
- Klastry Polskie.
- Polska Izba Gospodarcza Zaawansowanych Technologii.
- Polska Platforma Technologiczna Lotnictwa.
- Polskie Towarzystwo Naukowe Silników Spalinowych.
- Stowarzyszenie Polskiego Przemysłu Lotniczego.
- Śląski Klaster Lotniczy.
- Związek Pracodawców Przedsiębiorstw Przemysłu Obronnego i Lotniczego.
- Sektorowej Rady ds. Kompetencji dla przemysłu lotniczo-kosmicznego.


EDC

# KONTAKT


DYREKTOR CENTRUM TECHNOLOGII LOTNICZYCH
dr hab. Jerzy Żółtak
Telefon: (+48) 22 188 36 27 oraz (+48) 609 709 904
E-mail: jerzy.zoltak@ilot.lukasiewicz.gov.pl

KIEROWNIK DZIAŁU KONSTRUKCJI LOTNICZYCH
mgr inż. Paweł Guła
Telefon: (+22) 188 37 71 oraz (+48) 789 061 090
E-mail: pawel.gula@ilot.lukasiewcz.gov.pl

KIEROWNIK DZIAŁU AERODYNAMIKI
mgr inż. Przemysław Drężek
Telefon: (+22) 188 37 25 oraz (+48) 572 967 599
E-mail: przemyslaw.drezek@ilot.lukasiewcz.gov.pl

KIEROWNIK LABORATORIUM BADAŃ AERODYNAMICZNYCH
mgr inż. Grzegorz Krysztofiak
Telefon: (+48) 22 188 36 04 oraz (+48) 501 217 231
E-mail: grzegorz.krysztofiak@ilot.lukasiewicz.gov.pl

KIEROWNIK DZIAŁU AWIONIKI
dr inż. Mariusz Krawczyk
Telefon: (+48) 22 188 38 15 oraz (+48) 660 773 303
E-mail: mariusz.krawczyk@ilot.lukasiewicz.gov.pl

KIEROWNIK ORGANIZACJI PROJEKTUJĄCEJ
mgr inż. Krzysztof Piwek
Telefon: (+22) 188 36 96 oraz (+48) 501 244 004
E-mail: krzysztof.piwek@ilot.lukasiewicz.gov.pl

ORGANIZACJA PRODUKUJĄCA
KIEROWNIK ORGANIZACJI PRODUKUJĄCEJ
mgr inż. Zbigniew Mrotek
Telefon: (+22) 188 38 89 oraz (+48) 505 390 925
E-mail: zbigniew.mrotek@ilot.lukasiewicz.gov.pl

KIEROWNIK ORGANIZACJI OBSŁUGOWEJ
mgr inż. Janina Dąbrowska
Telefon: (+48) 22 188 36 55
E-mail: janina.dabrowska@ilot.lukasiewicz.gov.pl

KIEROWNIK DZIAŁU SYSTEMÓW TRANSPORTU
dr Andrzej Iwaniuk
Telefon: (+22) 188 39 05 oraz (+48) 512 025 856
E-mail: andrzej.iwaniuk@ilot.lukasiewicz.gov.pl

KIEROWNIK LABORATORIUM BADAŃ ŚRODOWISKOWYCH
mgr inż. Józef Małuj
Telefon: (+22) 188 36 52 oraz (+48) 691 800 137
E-mail: jozef.maluj@ilot.lukasiewcz.gov.pl

KIEROWNIK DZIAŁU NAPĘDÓW LOTNICZYCH
dr inż. Borys Łukasik
Telefon: (+22) 188 37 76 oraz (+48) 695 350 109
E-mail: borys.lukasik@ilot.lukasiewcz.gov.pl

KIEROWNIK DZIAŁU TECHNOLOGII STRUKTUR KOMPOZYTOWYCH
mgr inż. Piotr Koperniak
Telefon: (+48) 22 188 39 08 oraz (+48) 505 391 054
E-mail: piotr.koperniak@ilot.lukasiewicz.gov.pl

KIEROWNIK DZIAŁU BADAŃ STRUKTUR
dr inż. Michał Szmidt
Telefon: (+48) 22 188 38 41 oraz (+48) 607 907 708
E-mail: michal.szmidt@ilot.lukasiewicz.gov.pl

KIEROWNIK LABORATORIUM BADANIA DRGAŃ
dr inż. Sławomir Cieślak
Telefon: (+48) 22 188 39 07
E-mail: slawomir.cieslak@ilot.lukasiewicz.gov.pl

KIEROWNIK DZIAŁU PODWOZI LOTNICZYCH
mgr inż. Paweł Grygorcewicz
Telefon: (+48) 22 188 36 19
E-mail: pawe.grygorcewicz@ilot.lukasiewcz.gov.pl

KIEROWNIK LABORATORIUM AWIONIKI I SYSTEMÓW POKŁADOWYCH (SKYLAB)
mgr inż. Maciej Szenk
Telefon: (+48) 22 397 54 00 lub (+48) 695 215 706
E-mail: maciej.szenk@ge.com

KIEROWNIK LABORATORIUM BADANIA ŁOŻYSK
mgr inż. Rafał Zbiciak
Telefon: (+48) 22 112 33 33 lub (+48) 505 694 149
E-mail: rafal.zbiciak@ge.com

KIEROWNIK LABORATORIUM BADAŃ ELEMENTÓW WIRUJĄCYCH
mgr inż. Łukasz Dadej
Telefon: (+48) 22 116 38 65 lub (+48) 512 025 966
E-mail: lukasz1.dadej@ge.com

KIEROWNIK LABORATORIUM TECHNOLOGII PRODUKCYJNYCH
KIEROWNIK LABORATORIUM TECHNOLOGII PRZYROSTOWYCH
mgr inż. Paweł Malara
Telefon: (+48) 571 498 746
E-mail: pawel.malara@ge.com

KIEROWNIK LABORATORIUM WYMIANY CIEPŁA I MECHANIKI PŁYNÓW
mgr inż. Piotr Markiewicz
Telefon: (+48) 573 377 180
E-mail: piotr.markiewicz@ge.com

KIEROWNIK LABORATORIUM MATERIAŁOZNAWSTWA
mgr inż. Tomasz Pokoniewski
Telefon: (+48) 511 685 954
E-mail: tomasz.pokoniewski@ge.com

**SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ - INSTYTUT LOTNICTWA**
AL. KRAKOWSKA 110/114, 02-256 WARSZAWA
E-MAIL: ILOT@ILOT.LUKASIEWICZ.GOV.PL
TEL.: (+48) 22 846 00 11 | WWW.ILOT.LUKASIEWICZ.GOV.PL


Łukasiewicz
Instytut
Lotnictwa