

Projekt: Laboratorium Dynamiki Zderzeń Statków Powietrznych i Kosmicznych
Aerospace Collision Impact Dynamics Laboratory - ACID Lab

Autorzy: Bartłomiej Dziewoński^{1,2}, Maciej Milewski^{1,2}, Krzysztof Kaliszuk^{1,2}, Mateusz Kucharski^{1,2}, Jacek Napora^{2,3}

¹ Inżynieria Mechaniczna, Szkoła Doktorska Politechniki Wrocławskiej

² Katedra Eksploatacji Systemów Technicznych, Wydział Mechaniczny

³ Lotnictwo i Kosmonautyka, Wydział Mechaniczno – Energetyczny

Cel projektu: Celem projektu jest utworzenie nowoczesnego i konkurencyjnego w skali europejskiej laboratorium badań zderzeń statków powietrznych i kosmicznych na Politechnice Wrocławskiej. Infrastruktura ta pozwoli na prowadzenie eksperymentów symulujących kolizje obiektów z elementami konstrukcji statków powietrznych i kosmicznych w zakresie prędkości od 60 km/h do nawet 7 km/s. Choć głównym celem laboratorium będzie wsparcie badań i rozwoju technologii dla lotnictwa i przemysłu kosmicznego, będzie ono również dostępne dla projektów interdyscyplinarnych, z dziedzin inżynierii mechanicznej, inżynierii materiałowej, inżynierii biomedycznej oraz obszar nauk medycznych. Utworzenie tego rodzaju kompleksu wyraźnie wzmocni potencjał badawczy Uczelni, umożliwiając prowadzenie innowacyjnych prac eksperymentalnych oraz testów certyfikujących nowe komponenty wprowadzane do sektora lotniczego, a także rozwinie współpracę z partnerami przemysłowymi i jednostkami naukowymi z całej Europy. Możliwości wynikające z budowy laboratorium przedstawiono także podczas [rozmowy](#) w Akademickim Radiu Luz.

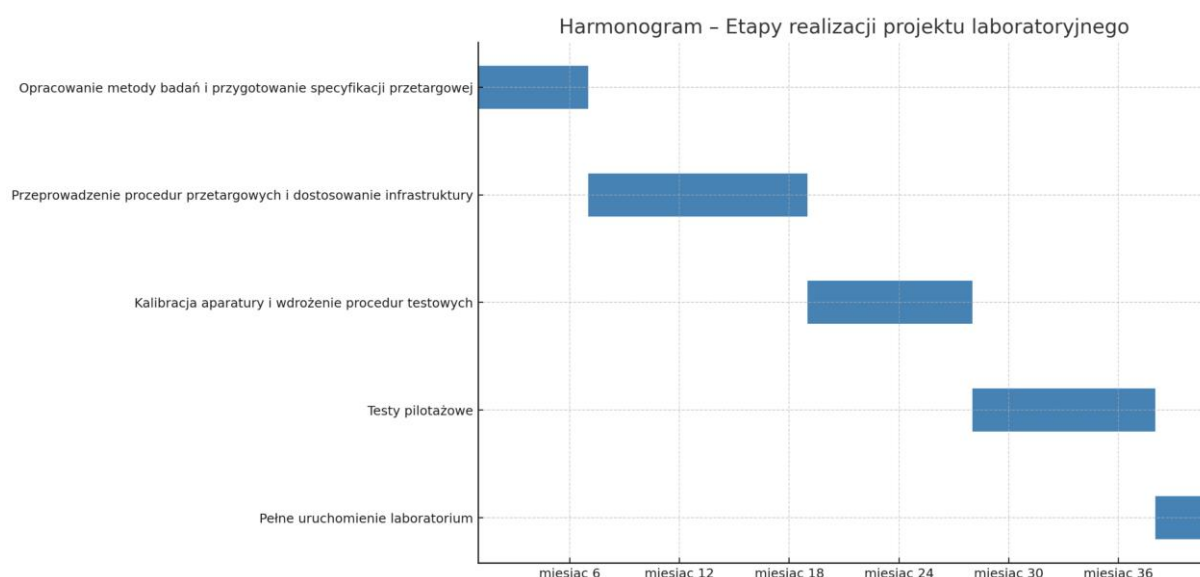
Kontekst: Każdy nowy samolot przed wprowadzeniem do eksploatacji musi przejść testy symulujące zderzenie z obiektami w locie, takimi jak grad czy ptak. Celem tych badań jest potwierdzenie, że konstrukcja jest wystarczająco wytrzymała, by bezpiecznie kontynuować lot i wylądować po takim zdarzeniu. Testy tego typu są kluczową częścią procesu certyfikacji, a ich przeprowadzenie jest regulowane przez obowiązujące normy Federal Aviation Administration (FAA) oraz European Union Aviation Safety Agency (EASA), które określają zakres mas i prędkości obiektu uderzanego, zgodnie z [FAR/CS 25.571](#). Producent każdej nowej konstrukcji musi dostarczyć raporty testowe, potwierdzające spełnienie norm zderzeniowych. Jednakże dostęp do infrastruktury umożliwiającej przeprowadzenie tego rodzaju testów – szczególnie w szerokim zakresie prędkości i mas – jest ograniczony, zarówno w Polsce, jak i w skali europejskiej. Z tego powodu producenci zwracają się do jednostek naukowych, które dysponują odpowiednim zapleczem badawczym i technologicznym. Takie laboratoria stwarzają możliwości współpracy między nauką a przemysłem, umożliwiając uczelniom partycypację w międzynarodowych projektach badawczo-rozwojowych, a także prowadzenie własnych, innowacyjnych prac badawczych. W Polsce brak jest kompleksowej infrastruktury umożliwiającej prowadzenie badań zderzeniowych w szerokim zakresie prędkości – od tych niskich, aż po kosmiczne. Laboratorium na Politechnice Wrocławskiej wypełni tę lukę, stając się

jednym z kluczowych ośrodków badawczych w Europie, umożliwiając Uczelni osiągnięcie pozycji potentata w zakresie badań zderzeniowych w lotnictwie i kosmonautyce.

Dokładny opis planowanej aparatury: W ramach laboratorium zostanie zainstalowane zaawansowane wyposażenie, pozwalające na badanie zderzeń obiektów o zróżnicowanej masie i prędkości. Kluczowym elementem aparatury będą działa pneumatyczne umożliwiające rozpędzenie elementów w zakresie prędkości od 60 km/h do 7 km/s. Aby dokładnie monitorować dynamikę zderzenia, laboratorium zostanie wyposażone w system cyfrowej korelacji obrazu (DIC), składającego się z zestawu szybkich kamer oraz zaawansowanego oprogramowania, które pozwoli na precyzyjne określenie odkształceń obiektów podczas zderzenia. Choć standardowo laboratoria wykorzystują systemy z użyciem dwóch kamer, w planie laboratorium jest zestaw 3-kamerowy z dodatkowym doświetleniem monochromatycznym, pozwalającym otrzymać jeszcze lepszą jakość obrazu, szczególnie przy złożonych i zakrzywionych powierzchniach – jak na przykład skrzydła samolotów czy śmigła. Dodatkowo pozostanie możliwość rozbudowania systemu pomiarowego o dodatkowe kamery w przyszłości. Laboratoriów korzystających z 3 i więcej ilości kamer jest bardzo mało na terenie Europy, co pozwala na osiągnięcie konkurencyjności. Do dokładnej oceny mechanizmów i rozległości zniszczeń w obiektach badanych planuje się instalację tomografu o dużym polu roboczym pozwalającego na ocenę całych elementów statków powietrznych bez konieczności wycinania próbek. To rozwiązanie jest kluczowe, zwłaszcza w przypadku materiałów kompozytowych, z których są wykonane elementy konstrukcyjne statków powietrznych. Dzięki tomografii możliwe będzie ocenienie mechanizmu i zakresu zniszczenia w elementach, zachowując pełną integralność testowanych obiektów. Dodatkowo, zakup komory klimatycznej pozwoli na analizę uszkodzeń, które mogą się ujawnić jedynie w warunkach podwyższonej temperatury lub skurczu termicznego. Możliwość zastosowania warunków zmiennej temperatury da możliwość oceny wpływu uszkodzeń podczas całego cyklu, życia badanego obiektu biorąc pod uwagę to, że został zaprojektowany do pracy przy pewnym zmiennym zakresie temperatur. Do pomiaru deformacji, oprócz systemu DIC, laboratorium zostanie wyposażone w klasyczne czujniki, takie jak akcelerometry i tensometry wraz z odpowiednimi kartami pomiarowymi.

Harmonogram: W przypadku pozytywnej decyzji realizacja projektu będzie przebiegać zgodnie z poniższym harmonogramem, który podzielony jest na dwie części: administracyjno-zakupową oraz wdrożeniową. Przedstawiony harmonogram wyrażony w miesiącach zakłada rozpoczęcie działań po administracyjnym otwarciu projektu. Pierwsze działania dotyczyć będą realizacji zamówień zgodnie z przedstawionym kosztorysem. Z uwagi na znaczny koszt większości pozycji, które muszą wejść w skład takiego laboratorium musimy liczyć się z tym, że zakupy będą przebiegać w procedurach przetargowych. Takie procedury wymagają bardzo dokładnego przygotowania, ze względu na złożoną naturę konkursu publicznego. Część administracyjno-zakupowa składająca się z 2 etapów będzie obejmowała: opracowanie dokładnych metod badań celem przygotowania dokładnej specyfikacji przetargowej (czas trwania: 7 miesięcy). W etapie drugim przeprowadzone zostaną zakupy,

dostosowana zostanie infrastruktura pod instalacje aparatury oraz sama jej instalacja. Z uwagi na konieczność przeprowadzenia postępowań przetargowych, czas zbierania ofert i dostawy aparatury etap ten będzie najdłuższym – trwającym 14 miesięcy. Po części administracyjno-zakupowej nastąpi część wdrożeniowa projektu. Na początku zostanie wykonana kalibracja zakupionej aparatury i urządzeń pomiarowych, a także wdrożenie procedur testowych dla badań zaplanowanych w etapie pierwszym (czas trwania: 10 miesięcy). Kolejno przeprowadzone zostaną testy pilotażowe z użyciem pierwszych elementów statków powietrznych. Dokonamy szkolenia personelu zainteresowanego używaniem laboratorium, a także przygotujemy końcową dokumentację techniczną stanowisk wraz z przygotowaniem materiałów pomocniczych i dydaktycznych. Na ten etap przeznaczono 6 miesięcy. W ostatnim etapie do działania w laboratorium zostanie zaproszona społeczność Politechniki w tym naukowcy, nauczyciele i studenci. Zaproszeni zostaną także przedstawiciele przemysłu w ramach [Dolnośląskiego Klastra Lotniczego](#), którego Politechnika Wrocławska jest członkiem. Planowane jest również nawiązanie współpracy z europejskimi ośrodkami badawczymi w celu ubiegania się o europejskie granty w ramach programów takich jak [Clean Aviation](#) czy [Horyzont Europa](#).



Lokalizacja: Stworzenie laboratorium planuje się w lokalizacji na kampusie głównym Politechniki Wrocławskiej, w obrębie Wydziału Mechanicznego, w budynku B7. Adaptacja istniejącej hali laboratoryjnej umożliwia spełnienie wymogów przestrzennych oraz zapewnia odpowiednie warunki bezpieczeństwa niezbędne do prowadzenia testów zderzeniowych.

Finansowanie i jednostka organizacyjna: W wyniku wewnętrznych konsultacji oraz analizy potencjału merytorycznego jednostek organizacyjnych Politechniki Wrocławskiej, naturalnym wyborem dla przypisania laboratorium stała się Katedra Eksploatacji Systemów Technicznych. Katedra ta kontynuując tradycje dawnego Instytutu Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn, od początku swojego istnienia specjalizuje się w zagadnieniach związanych z modelowaniem procesów eksploatacji, niezawodnością i trwałością obiektów technicznych. Obszary te są bezpośrednio powiązane z oceną

zdatności do lotu statków powietrznych i kosmicznych, szczególnie w kontekście narażenia ich na zderzenia i uszkodzenia mechaniczne. Zespół naukowy katedry posiada doświadczenie w prowadzeniu badań dotyczących degradacji struktur pod wpływem obciążeń, a także w identyfikacji uszkodzeń i prognozowania trwałości obiektów technicznych. Dzięki wieloletniemu doświadczeniu badawczemu oraz ścisłej współpracy z przemysłem, Katedra Eksploatacji Systemów Technicznych oferuje odpowiednie zaplecze merytoryczne i organizacyjne do efektywnego zarządzania laboratorium, rozwoju metod badawczych oraz zapewnienia wysokiej jakości naukowej.

Korzyści wynikające z realizacji projektu :

Rozwój naukowy:

- Możliwość prowadzenia zaawansowanych interdyscyplinarnych badań nad mechaniką zderzeń
- Wzrost potencjału powstawania wysokojakościowych publikacji
- Zwiększenie szans na otrzymywanie grantów krajowych i europejskich na projekty badawcze

Korzyści dydaktyczne:

- Dostęp studentów do nowoczesnej aparatury badawczej
- Wsparcie realizacji prac dyplomowych i działalności kół naukowych

Współpraca z przemysłem:

- Możliwość wykonywania zleceń komercyjnych na certyfikację komponentów lotniczych według norm i standardów
- Wsparcie badań i projektów B+R oraz procesów wdrożeniowych
- Potencjał do współpracy z sektorem lotniczym, kosmonautycznym oraz obronnym

Kosztorys:

Aparatura	Cena	Uzasadnienie
Działo pneumatyczne o kalibrze 300 mm	8 450 000 zł	Określono na podstawie rozmów z potencjalnym wykonawcą, który przeprowadził wizję lokalną w podobnym laboratorium.
Działo pneumatyczne o kalibrze 60 mm	2 630 000 zł	Określono na podstawie wyceny firmy Thiot Ingenierie

Aparatura	Cena	Uzasadnienie
Działo pneumatyczne o kalibrze 9 mm	6 305 000 zł	Określono na podstawie wyceny firmy Thiot Ingenierie
System cyfrowej korelacji obrazu	3 612 620 zł	Określono na podstawie oferty firmy Spectro-Lab
Tomograf 3D o dużym polu roboczym	4 202 700 zł	Określono na podstawie oferty firmy ZEISS na tomograf 3D z polem roboczym pozwalającym na pomiary całych elementów płatowców.
Komora klimatyczna	255 000 zł	Określono na podstawie oferty na komorę z zakresem temperatur pozwalającym na odkrycie uszkodzeń widocznych jedynie podczas skurczu termicznego.
Osprzęt pomiarowy	264 785 zł	Na podstawie wyceny akcelerometrów i kart pomiarowych
Materiały do tworzenia próbek	14 300 zł	Materiały do tworzenia modeli ptaków oraz pocisków odzwierciedlających uderzenia o określonej energii.
Serwer do obsługi zbieranych danych	120 000 zł	Określono na podstawie cen serwerów firmy DELL pozwalających na zbieranie danych z wysokimi prędkościami rejestracji
Zamrażarka przemysłowa	7 000 zł	Określono na podstawie ofert dostępnych publicznie.
Zakup norm	6 400 zł	Wyznaczono na podstawie dostępnych publicznie cen.
RAZEM	25 867 805 zł	