

dr hab. inż. Rafał Perz

Rozwój eksperymentalnych i obliczeniowych metod badawczych w lotnictwie, ukierunkowany na zwiększenie bezpieczeństwa, niezawodności oraz efektywności zadań pomiarowych i rejestracyjnych, szczególnie w odniesieniu do bezzałogowych statków powietrznych



Absolwent Politechniki Warszawskiej, Wydziału Mechanicznego Energetyki i Lotnictwa (2008 r.). Pracę doktorską w naukach technicznych w dyscyplinie mechanika, specjalność biomechanika obrazów **Development and validation of the human rib FE models based on different X-ray imaging techniques** obronił na macierzystym wydziale w 2016 r. Promotorem był dr hab. inż. Marek Matyjewski, prof. PWr. W pracy podjął się budowy obliczeniowego modelu żeber w oparciu o obrazy uzyskane za pomocą tomografii komputerowej (TK). Prowadzone badania miały na celu ilościową ocenę różnic w geometrii i właściwościach geometrycznych, takich jak powierzchnia korowej powłoki, powierzchnia beleczkowa i główne momenty bezwładności, uzyskane z analizy klinicznej i mikro-TK. Różnice te wykorzystano do opracowania współczynników odchylenia, które ostatecznie zastosowano do korekty geometrii żeber uzyskanej z klinicznych obrazów TK. Opracowano dwa rodzaje modeli obliczeniowych. W pierwszym wykorzystano kliniczne obrazy TK (model niemodyfikowany), a w drugim model ten skorygowano, wykorzystując informacje lokalnie zebrane z obrazów mikro-TK. Wyniki pokazały, że skorygowany model pasował do eksperymentu z błędem mniejszym niż 5 %. Od 2010 r. pracuje w Instytucie Techniki Lotniczej i Mechaniki Stosowanej, Wydziału Mechanicznego Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej. Stopień doktora habilitowanego uzyskał w dziedzinie nauk inżynierjno-technicznych w dyscyplinie naukowej inżynieria mechaniczna nadany Uchwałą nr 246/III-IM/2025 przez Radę Naukową Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Warszawskiej w dniu 10 września 2025 r.

Recenzenci – prof. dr hab. inż. Tomasz Rogalski, dr hab. inż. Aneta Liber-Kneć, prof. PK, dr hab. inż. Mirosław Kowalski, prof. ITWL oraz dr hab. inż. Mariusz Ptak, prof. PWr – ocenili dorobek naukowy zatytułowany **Rozwój eksperymentalnych i obliczeniowych metod badawczych w lotnictwie, ukierunkowany na zwiększenie bezpieczeństwa, niezawodności oraz efektywności zadań pomiarowych i rejestracyjnych, szczególnie w odniesieniu do bezzałogowych statków powietrznych (BSP).**

Osiągnięcie naukowe przedstawione zostało w formie jednotematycznego cyklu publikacji.

W skład osiągnięcia naukowego wchodzi siedemnaście publikacji wydanych w latach 2017–2024. Podsumowując ten okres aktywności naukowej na Wydziale Mechanicznym Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej, sumaryczny wskaźnik IF za wszystkie opublikowane prace naukowe wynosił 17,572.

W cyklu artykułów składających się na osiągnięcie naukowe można wyróżnić następujące główne obszary działalności:

- badania współdziałanie człowiek-maszyna, w tym analiza zagrożeń zdrowotnych i ocena obrażeń powstałych w wyniku kolizji z bezzałogowym statkiem powietrznym,
- praktyczne zastosowanie zaawansowanych narzędzi symulacyjnych i eksperymentalnych w projektowaniu oraz optymalizacji konstrukcji lotniczych, ze szczególnym uwzględnieniem podejścia interdyscyplinarnego,
- badania dotyczące efektywnego wykorzystania bezzałogowych statków powietrznych do realizacji zaawansowanych zadań, wymagających użycia systemów gromadzenia i przetwarzania danych,
- analiza praktycznego wykorzystania technik przyrostowych do wytwarzania elementów konstrukcyjnych na potrzeby lotnictwa.

Cykl publikacji obejmował badania prowadzone w celu osiągnięcia istotnej poprawy bezpieczeństwa oraz niezawodności bezzałogowych statków powietrznych ze szczególnym uwzględnieniem ryzyka kolizji, a tym samym wdrażania lepszych strategii ochronnych i materiałów absorbujących energię. Prowadzono też badania symulacyjne identyfikujące konsekwencje zderzeń obiektów latających z ptakami. Zastosowanie modelowania metodą elementów skończonych oraz hydrodynamiki cząstek gładkich (ang. smoothed particle hydrodynamics) umożliwiło ocenę odporności elementów konstrukcyjnych na uderzenia, np. ptaka w lotkę samolotu.

Holistyczny przegląd potencjalnych ryzyk związanych z operacjami lotniczymi UAV i wszelkimi aspektami kolizji z ludźmi. Uwzględniono również europejskie i polskie uwarunkowania legislacyjne, wskazując niuanse techniczne i proceduralne dla interakcji dron-człowiek zmierzając do skutecznego zapobiegania wypadkom. Ważnym obszarem optymalizacji konstrukcji lotniczych jest masa poszczególnych elementów, której ograniczanie nie może wpływać na pogorszenie parametrów wytrzymałościowych. Proces projektowania konstrukcji nie tylko bazował na symulacjach numerycznych, ale był wspierany praktycznie za pomocą wytwarzania przyrostowego.

Najważniejszym osiągnięciem, mającym istotny wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria Mechaniczna, w szczególności w zakresie inżynierii lotniczej i kosmicznej, było praktyczne zastosowanie zaawansowanych metod projektowania i wytwarzania konstrukcji mechanicznych oraz ich optymalizacji w celu poprawy bezpieczeństwa, niezawodności oraz efektywności operacyjnej bezzałogowych statków powietrznych. Osiągnięcie to obejmowało zarówno rozwój metodologii oceny ryzyka i zagrożeń związanych z operacjami lotniczymi, jak i badania nad wykorzystaniem zaawansowanych narzędzi symulacyjnych i eksperymentalnych oraz nowoczesnych metod produkcji, w tym technik przyrostowych.

Przy ocenie istotności aktywności naukowej za ważny wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna uznano wyniki projektów badawczo-rozwojowych, m.in.:

- **Kompaktowy silnik hybrydowy, elektryczno-spalinowy, do napędu niewielkich urządzeń transportowych**, realizowany w uAvionics Technologies sp. z o.o.;
- **Innowacyjna stacja dokująca-ladująca dla Bezzałogowych Statków Powietrznych wykorzystująca OZE**, POIR Szybka Ścieżka – OZE w transporcie;
- **MAST – Cyfrowy bliźniak obiektów maszynowych jako innowacyjna usługa inwentaryzacji z wykorzystaniem bezzałogowych statków powietrznych i sztucznej inteligencji**, NCBR, POIR Cyfrowa Ścieżka.

Rafał Perz równolegle z pracą naukowo-badawczą w obszarze biomechaniki obrażeń, bezpieczeństwa biernego pojazdów, badania wypadków, druku 3D oraz UAV zajmował się kompozytami węglowymi, realizując swoją wieloletnią pasję polegającą na wprowadzaniu przełomowych innowacji w świat gitar elektrycznych. Pracownik naukowy Politechniki Warszawskiej oraz ekspert w obszarze innowacyjnych materiałów, połączył naukę z upodobaniem do muzyki, co zaowocowało powstaniem instrumentów o niepowtarzal-

nym brzmieniu i doskonałej ergonomii. Opracował rozwiązania rewolucjonizujące ergonomię i parametry mechaniczne gitar.

Recenzenci ocenili też pozytywnie drugie osiągnięcie **Opracowanie i wdrożenie rodziny innowacyjnych w skali świata kompozytowych gitar elektrycznych „RUF Guitars oraz założenie i rozwój startupu RUF Sp. z o.o. w celu komercjalizacji osiągnięcia.**

W ramach projektu „RUF Guitars” opracowane zostały trzy innowacyjne, kompozytowe modele gitar:

- Thales – 6-strunowa gitara typu „single-cut”,
- Schrödinger – 7-strunowa gitara typu „super-strat”,
- Heisenberg – 6-strunowa gitara typu „head-less”.

Każdy z modeli osiągnął przewagi technologiczne i użytkowe dzięki zastosowaniu nowatorskiego materiału Ruffaine – kompozytu na bazie włókna węglowego i żywicy epoksydowej, co przyczyniło się do uzyskania brzmienia klasycznych gatunków drewna z nieosiągalną dla nich powtarzalnością i trwałością. Innowacyjne rozwiązania konstrukcyjne to:

- zmniejszenie grubości gryfu gitary poniżej 15 mm,
- obniżenie masy gitary poniżej 1,5 kg,
- zwiększenie sztywności, wytrzymałości i odporności gitary na warunki atmosferyczne,
- zabezpieczenie gryfu cząstkami nanosrebra, obniżające potliwość dłoni podczas grania,
- wprowadzenie opcjonalnego systemu montażu przetworników od tyłu gitary,
- zastosowanie zamkniętych komór rezonansowych.

– Na co dzień jestem pracownikiem naukowym i wykładowcą na macierzystym wydziale Politechniki Warszawskiej, gdzie uczę studentów podstaw konstrukcji maszyn i samo-

lotów. Prowadzę również badania w pokrewnym zakresie – nowoczesne materiały kompozytowe, budowa samolotów i dronów. Z drugiej strony od zawsze interesuję się gitarą. I tak powstał pomysł połączenia tych dwóch światów, tym samym konstruowania gitar z materiałów, z których buduje się bolidy formuły F1, wyczynowe samoloty i łodzie, promy kosmiczne itp. – mówi o sobie Rafał Perz.

Wdrożenie projektu „RUF Guitars” stanowi przykład skutecznego połączenia innowacji technologicznej z komercjalizacją, co nie tylko umożliwiło wprowadzenie na rynek unikalnego produktu, ale również przyczyniło się do wzrostu konkurencyjności i innowacyjności w branży muzycznej na świecie.

Dzisiaj opracowane nowe technologie są dynamicznie wdrażane na rynku międzynarodowym. Rafał Perz, pomysłodawca i twórca tych rozwiązań rozpoczął proces patentowania tych unikalnych i nowatorskich rozwiązań. Świetnie radzi sobie w obszarze nowoczesnych technologii gitarowych, otwierając nowe możliwości dla muzyków poszukujących instrumentów o nieporównywalnych właściwościach akustycznych i użytkowych.

Rafał Perz był odpowiedzialny za wyznaczenie kierunków badań, wsparcie projektowania prototypów, prowadzenie prac zmierzających do osiągnięcia kluczowych kamieni milowych, a także za badania i analizy prototypów. Dodatkowo zajmował się wykańczaniem lutniczym gitar, ich regulacją. Nie poprzestał na opracowywaniu metod badawczych, doskonale poznał zasady marketingu, PR i najważniejszy – wdrożeniem.

Od początku zakładał konkurowanie na rynku światowym (USA, Kanada, Japonia), pamiętając o utrzymaniu pełnych praw do wyników prac B+R przez założone przedsiębiorstwo „Rafał Perz”, które później zmieniło nazwę na „Sieć Badawcza Rafał Perz”, jednoosobowa działalność gospodarcza, ujęta





Rafał Perz i Jego „dwa oblicza” – rockowe i naukowe połączone w ramach pasji i startupu RUF.

w spisie CEIDG. Całość praw majątkowych do wyników badań przemysłowych i prac rozwojowych stanowiła i stanowi własność autora. Wszystkie osoby zaangażowane w projekt zatrudnione były na podstawie umów o pracę i umów zlecenie, co zapewniało profesjonalizm i zaangażowanie na każdym etapie realizacji projektu, a jednocześnie gwarantowało zachowanie wszystkich praw wynikających z ustawy o prawie autorskim oraz prawach pokrewnych oraz całości praw majątkowych.

Wdrożenie na rynek było wspierane przez rejestrację znaku towarowego „RUF Guitars” w Urzędzie Patentowym RP oraz Europejskim Urzędzie Własności Intelktualnej (EUIPO) oraz późniejsze założenie startupu kontynuującego dzieło – RUF Sp. z o.o. Projekt „RUF Guitars” nie tylko pozwolił na realizację długoletnich pasji i zainteresowań w praktycznym wymiarze, ale również stał się ważnym krokiem w karierze naukowej, pozwalając na aplikacyjne wdrożenie innowacji technologicznych, będących istotnym wkładem w rozwój dziedziny mechaniki.

Firma ma dopiero cztery lata, a można z czystym sumieniem stwierdzić, że konstruuje najbardziej nowoczesne i wytrzymałe gitary na rynku światowym. Jest to produkt drogi, butikowy. Gitary są sprzedawane na całym świecie w setkach sztuk, głównie w USA, Kanadzie, Japonii (w sumie 14 krajów). Klienci mogą personalizować zamawiane instrumenty i często jako wzory kolorystyczne wysyłają zdjęcia swoich Ferrari, Porsche i innych drogich zabawek, co zdaje się udowadniać akceptację produktów RUF ze strony rynku.

Obecnie polski producent gitar RUF przejął brytyjską firmę Hiscox Cases produkującą futerały do instrumentów muzycznych i przeniósł ich produkcję do Polski. W ten sposób zwiększył

zakres produkcji firmy RUF Technologies prowadzonej w zakładzie pod Warszawą.

Jednocześnie obserwujemy ekspansję firmy na rynek amerykański. Właśnie RUF Technologies otworzyła oddział w stanie Maryland, który pełni funkcję warsztatu, showroomu i centrum sprzedaży. Limitowane gitary oznaczone „Made in USA” (lokalnie budowane i sprzedawane) są efektem doskonałego przygotowania marketingowego polskiego naukowca.

Rafał Perz przyczynił się do zbudowania i formalizacji długoterminowej współpracy Politechniki Warszawskiej z University of Virginia, obejmującej wspólne laboratoria tematyczne (instrumenty muzyczne, bezałogowe statki powietrzne oraz sztuczna inteligencja), wymianę doktorantów, wspólne publikacje i granty oraz prowadzenie zajęć i seminariów dla UVA Graduate School.



Małgorzata Kaliczyńska
kwartalnik Pomiary Automatyka Robotyka