

Cel prowadzonych badań/hipoteza badawcza:
Celem naukowym projektu jest analiza stateczności i zniszczenia ściskanych rzeczywistych cienkościennych krótkich słupów kompozytowych o zróżnicowanych zamkniętych kształtach przekroju poprzecznego oraz opis zachowania tych konstrukcji w zależności od zastosowanego układu warstw laminatu w stanie krytycznym, pokrytycznym oraz granicznym wraz z opisem mechanizmów zniszczenia kompozytu (z uwzględnieniem zjawiska delaminacji).

Badania będą prowadzone w sposób interdyscyplinarny – zarówno drogą testów doświadczalnych, jak i nieliniowych obliczeń numerycznych z wykorzystaniem metody elementów skończonych. Dodatkowo zostaną wyznaczone właściwości mechaniczne i graniczne wytworzonego materiału kompozytowego w oparciu o normy przedmiotowe w tym zakresie. Badania będą dotyczyć pracy cienkościennych konstrukcji kompozytowych poddanych osiowemu obciążeniu ściskającemu, w pełnym zakresie obciążenia konstrukcji z uwzględnieniem fazy zniszczenia. Przeprowadzona zostanie walidacja opracowanych modeli numerycznych na podstawie wyników badań eksperymentalnych. Wyniki prowadzonych badań przyczynią się do opracowania i udoskonalenia metod analizy nieliniowej stateczności i nośności oraz projektowania cienkościennych struktur kompozytowych o zamkniętych przekrojach poprzecznych.

Postawiona została hipoteza badawcza, że stateczność i zachowanie pokrytyczne (w tym nośność) cienkościennych struktur kompozytowych zależy zarówno od kształtu przekroju poprzecznego struktury kompozytowej, jak i od zastosowanej sekwencji układania laminatu. Konfiguracja warstw kompozytu, jak również amplituda początkowych imperfekcji geometrycznych (ugięć wstępnych), mają znaczący wpływ na moment utraty stateczności konstrukcji, jej pokrytyczną charakterystykę pracy oraz wartość obciążenia niszczącego.

Zastosowana metoda badawcza/metodyka

W ramach projektu badawczego zostaną wytworzone cienkościenne konstrukcje kompozytowe o zróżnicowanych zamkniętych kształtach przekroju poprzecznego z wykorzystaniem techniki autoklawowej. W ramach badań zostanie przeprowadzona ocena stateczności, zachowania pokrytycznego i nośności ściskanych konstrukcji kompozytowych, w zależności od zastosowanego układu warstw laminatu oraz wartości wstępnych imperfekcji geometrycznych. Badania doświadczalne będą polegały na przeprowadzeniu prób statycznego ściskania wytworzonych cienkościennych słupów kompozytowych o zamkniętych przekrojach poprzecznych, z jednoczesną rejestracją parametrów próby jak: przebieg obciążenia, pomiar ugięć na kierunku prostym do ścian słupa (z wykorzystaniem laserowego pomiaru ugięć), pomiar skrócenia słupów, pomiar odkształceń (tensometria oporowa), rejestrację sygnału emisji akustycznej (z wykorzystaniem metody emisji akustycznej) oraz dokonanie pomiaru deformacji z wykorzystaniem systemu Aramis i ocenę zjawiska zniszczenia (w tym delaminacji) za pomocą kamery szybkiej i mikroskopu cyfrowego. Ściskanie konstrukcji rzeczywistych będzie prowadzone na konstrukcjach swobodnie podpartych pomiędzy górną i dolną głowicą mocującą maszyny wytrzymałościowej, przy jednoczesnym ich wyosiowaniu za pomocą specjalnie przygotowanych elementów centrujących. W ramach badań zostanie oceniony wpływ układu warstw kompozytu na charakter pracy konstrukcji w stanie krytycznym i granicznym, w warunkach osiowego ściskania. Równolegle do prowadzonych badań eksperymentalnych będą realizowane obliczenia numeryczne z wykorzystaniem MES, przy odwzorowaniu rzeczywistych warunków prowadzonego eksperymentu. W trakcie analiz numerycznych do opisu stanów granicznych zostaną wykorzystane zaaplikowane w programie obliczeniowym (ABAQUS®) kryteria zniszczenia materiału kompozytowego (w oparciu o modele uszkodzenia takie jak: progresywna analiza zniszczenia - PFA oraz model strefy kohezynnej - CZM). Definicja modelu materiału w obliczeniach numerycznych zostanie przeprowadzona na podstawie wyznaczonych eksperymentalnie właściwości mechanicznych i granicznych wytworzonego materiału kompozytowego. Opracowane modele numeryczne będą walidowane wynikami badań doświadczalnych, prowadzonych na rzeczywistych konstrukcjach.

Wpływ spodziewanych rezultatów na rozwój nauki, cywilizacji, społeczeństwa

Planowane prace w ramach projektu mają charakter interdyscyplinarny, obejmujące zagadnienia z zakresu mechaniki, stateczności oraz zniszczenia cienkościennych konstrukcji o przekrojach zamkniętych wykonanych z materiałów kompozytowych. O innowacyjności badań prowadzonych w projekcie stanowi przede wszystkim wytworzenie kompozytowych próbek o zamkniętych kształtach przekroju poprzecznego (opracowanie technologii wytwarzania próbek w autoklawie, wraz z niezbędnym do tego celu oprzyrządowaniem) oraz przeprowadzenie badań na wytworzonych próbkach dotyczących zagadnień nieliniowej stateczności i nośności (z wykorzystaniem symulacji numerycznych umożliwiających ocenę zniszczenia, z uwzględnieniem delaminacji) z uwzględnieniem wpływu zmiany konfiguracji warstw kompozytu na stateczność i stany graniczne konstrukcji poddanych osiowemu ściskaniu. W projekcie badawczym główny nacisk zostanie położony na opis stanów granicznych oraz zjawiska zniszczenia materiału kompozytowego, co w bezpośredni sposób wpłynie na rozwój nauki, poprzez uzupełnienie stanu wiedzy z zakresu mechaniki i zniszczenia laminatów (zwłaszcza w kontekście delaminacji). Wymiernym efektem planowanych badań stateczności i zniszczenia cienkościennych konstrukcji kompozytowych o zamkniętych kształtach przekroju poprzecznego, będzie opis pracy oraz zjawiska zniszczenia tych konstrukcji w zależności od zastosowanego układu warstw kompozytu oraz wartości wstępnych imperfekcji geometrycznych. Dostarczy to istotnych informacji dotyczących projektowania cienkościennych elementów kompozytowych pod kątem kreowania ich optymalnych właściwości wytrzymałościowych i sztywnościowych, co umożliwi zmniejszenie wrażliwości konstrukcji na stan krytyczny i graniczny, mającej istotne znaczenie zwłaszcza w przemyśle lotniczym i motoryzacyjnym, gdzie występują złożone stany obciążeń eksploatacyjnych. Dodatkowym czynnikiem wynikającym z realizacji prowadzonych zadań badawczych będzie podniesienie kwalifikacji zespołu badawczego w zakresie badań doświadczalnych i symulacji numerycznych. Można przypuszczać, że uzyskane wyniki badań będą miały duży wpływ na rozwój tak istotnej dziedziny nauki, jak mechanika i zniszczenie laminatów.