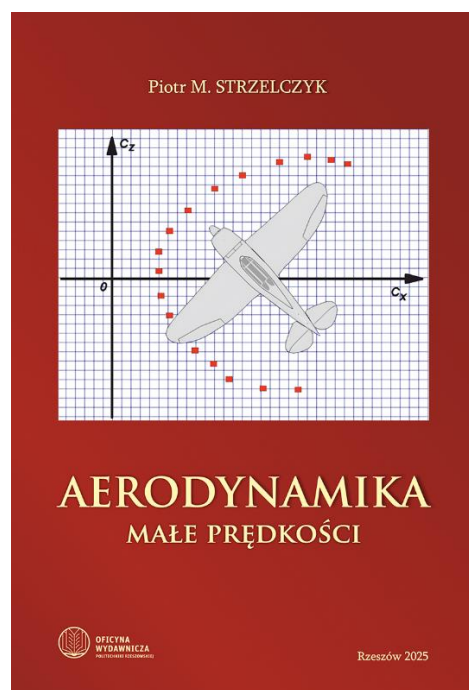


AERODYNAMIKA MAŁE PRĘDKOŚCI

Piotr Strzelczyk



Monografia

słowa kluczowe: aerodynamika, profile lotnicze, płat o skończonym wydłużeniu, metoda powierzchni nośnej, metody panelowe, warstwa przyścienna, sterowanie warstwą przyścienną

© Copyright by Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2025

ISBN 978-83-7934-764-3

223 strony

format B5

oprawa twarda

SPIS TREŚCI

WSTĘP

SPIS WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ

Rozdział 1.

PODSTAWOWE RÓWNANIA AERODYNAMIKI

- 1.1. Założenie o ciągłości ośrodka
- 1.2. Linia i funkcja prądu
- 1.3. Zasada zachowania masy. Równanie ciągłości
- 1.4. Zasada zmiany pędu. Równania Naviera i Stokesa
- 1.5. Związek kryterium ciągłości z liczbami Macha i Reynoldsa
- 1.6. Równania Eulera
- 1.7. Równanie Bernoulliego
- 1.8. Przepływy potencjalne, nieściśliwe
- 1.9. Potencjał zespolony
 - 1.9.1. Wprowadzenie potencjału zespolonego
 - 1.9.2. Proste przykłady zastosowań
 - 1.9.3. Zastosowanie odwzorowań konforemnych
- 1.10. Analogia Hele-Shaw
- 1.11. Opływ potencjalny brył osiowosymetrycznych
 - 1.11.1. Przepływ jednorodny
 - 1.11.2. Przepływ źródłowy
 - 1.11.3. Dipol przestrzenny
- 1.12. Przepływy wirowe

Literatura do rozdziału 1.

Rozdział 2.

MODELE PROFILU LOTNICZEGO WYKORZYSTUJĄCE ROZKŁADY OSOBLIWOŚCI

- 2.1. Klasyczna teoria profilu cienkiego
- 2.2. Model Weissingera-Pistolessiego

- 2.3. Metoda panelowa wykorzystująca stały rozkład momentu dipolowego wzdłuż elementu brzegowego
 - 2.4. Wirowe metody panelowe w zastosowaniu do profilu lotniczego
 - 2.4.1. Metoda wirów dyskretnych dla profilu cienkiego
 - 2.4.2. Metoda panelowa z liniowym rozkładem natężenia wirów wzdłuż elementu brzegowego
- Literatura do rozdziału 2.

Rozdział 3.

TEORIA PŁATA O SKOŃCZONYM WYDŁUŻENIU

- 3.1. Klasyczna teoria linii nośnej
- 3.2. Metoda siatki wirowej
- 3.3. Trójwymiarowe metody panelowe niskiego rzędu
- 3.4. Płaty o bardzo małym wydłużeniu

Literatura do rozdziału 3.

Rozdział 4.

ELEMENTY TEORII WARSTWY PRZYŚCIENNEJ

- 4.1. Koncepcja warstwy przyściennej
- 4.2. Równania Prandtla dla warstwy przyściennej
- 4.3. Równania von Kármána dla warstwy przyściennej
- 4.4. Przybliżone rozwiązania dla płaskiej płytki
- 4.4.1. Laminarna warstwa przyścienna
- 4.4.2. Turbulentna warstwa przyścienna
- 4.4.3. Potęgowy profil prędkości dla turbulentnej warstwy przyściennej z gradientem ciśnienia
- 4.4.4. Metoda Thwaitesa
- 4.4.5. Metoda Pohlhassena-von Kármána dla laminarnej warstwy przyściennej
- 4.4.6. Równanie energii dla warstwy przyściennej
- 4.4.7. Metoda Heada dla turbulentnej warstwy przyściennej
- 4.5. Obliczenie oporu profilowego na podstawie zmiany pędu
- 4.6. Wpływ zjawisk przepływowych w warstwie przyściennej na charakterystyki aerodynamiczne płata
- 4.7. Sterowanie warstwą przyścienną
- 4.7.1. Odsysanie warstwy przyściennej
- 4.7.2. Wpływ styczny
- 4.7.3. Efekt Coandă
- 4.7.4. ZNMF

Literatura do rozdziału 4.

Rozdział 5.

ELEMENTY AERODYNAMIKI NIESTACJONARNEJ

- 5.1. Wprowadzenie
- 5.2. Oscylacje w zakresie kątów podkrytycznych
- 5.3. Oscylacje wokół krytycznego (statycznego) kąta natarcia
- 5.4. Okresowe zmiany kąta natarcia w obszarze nadkrytycznych kątów natarcia

Literatura do rozdziału 5.

STRESZCZENIE

ABSTRACT

W monografii przedstawiono zagadnienia aerodynamiki małych prędkości, istotne dla lotnictwa ogólnego (General Aviation), jak i dla np. energetyki wiatrowej. Omówiono kwestie mechaniki płynów mające podstawowe znaczenie dla aerodynamiki, takie jak: kryterium ciągłości przepływów, równania Naviera i Stokesa, Eulera, Bernoulliego oraz kryteria podobieństwa dynamicznego. Zaprezentowano zarys teorii przepływów potencjalnych, płaskich i trójwymiarowych. Pokazano także zagadnienia dotyczące modelowania przepływów potencjalnych z wykorzystaniem rozkładu osobliwości hydro-dynamicznych. Przedstawiono zastosowanie potencjału zespolonego i odwzorowań konforemnych do opisu płaskich przepływów potencjalnych. Za pomocą uproszczonych modeli z wirowością skupioną omówiono zagadnienia interferencji: skrzydło-kadłub, skrzydło-usterzenie czy wpływ ziemi. Zaprezentowano bardziej złożone modele opływu płata nośnego: metodę siatki wirowej czy metodę panelową niskiego rzędu, z rozkładem źródeł i dipoli na powierzchni opływanej bryły. Pokazano również wyznaczanie oporu indukowanego na podstawie praw zachowania masy, pędu i energii. W pracy przedstawiono różne metody obliczeniowe dla laminarnej i turbulentnej warstwy przyściennej oraz opisano techniki sterowania tym przepływem w sposób bierny i czynny. Ponadto omówiono wyznaczanie oporu profilowego na podstawie wartości pędu w śladzie aerodynamicznym. Przedstawiono krótko także zagadnienia związane z aerodynamiką

niestacjonarną. Poruszono tutaj zagadnienia profilu drgającego, pomocne przy zrozumieniu flutteru, czy aerodynamiki zwierząt latających i ich biomimetycznych analogów: ornitopterów i entomopterów. Publikację uzupełniają liczne fotografie oraz przykłady obliczeniowe.