

Politechnika Warszawska

Metody Komputerowe w Spalaniu **PRZEPŁYW USTALONY PRZEZ SILNIK** **TURBINOWY**

Maksymilian Moraczewski 327622

Prowadzący: Dr inż. Mateusz Żbikowski

Data oddania: **10.06.2025**

1 Wstęp

Celem projektu było stworzenie uproszczonego modelu silnika turbodrzutowego w języku Python, który oblicza parametry całkowite (temperatura i ciśnienie) w kluczowych sekcjach silnika: przed wlotem, za wlotem, za sprężarką, za komorą spalania (uwzględniając reakcję chemiczną), za turbiną oraz na wylocie z dyszy.

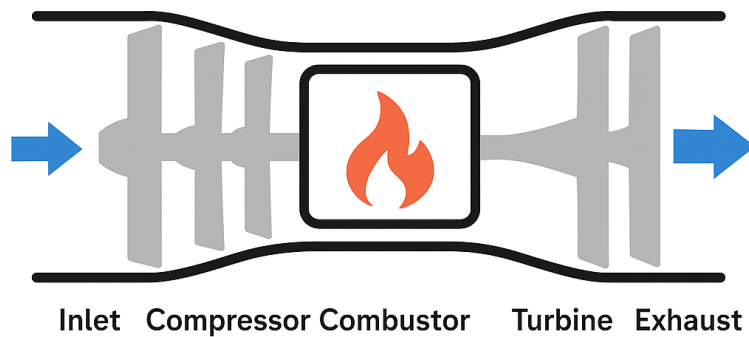


Figure 1: Model badanego silnika

2 Założenia

- Przepływ jednorodny i stacjonarny.
- Wszystkie elementy silnika są idealne (brak strat).
- Wartość wykładnika izentropy: $\gamma = 1.4$.
- Stała gazowa powietrza: $R = 287 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$.
- Proces spalania symulowany w programie Cantera przy użyciu mechanizmu GRI-Mech 3.0 (`gri30.yaml`).
- Paliwo: metan (CH_4), jako substytut Jet A-1.

3 Model matematyczny i numeryczny

Każdy etap silnika obliczany jest osobną funkcją w klasie `Turbojet`:

- `inlet()`: oblicza parametry całkowite za wlotem.
- `compressor()`: uwzględnia izentropowe sprężanie w sprężarce.
- `combustor()`: wykonuje spalanie adiabatyczne metanu z powietrzem w Canterze.
- `turbine()`: rozprężanie spalin na turbinie.
- `outlet()`: wstępne oszacowanie warunków na wylocie dyszy zbieżno rozbieżnej i prędkość gazów wylotowych.

4 Przykładowe obliczenia

4.1 Dane wejściowe

- Temperatura i ciśnienie statyczne na wysokości przelotowej: $T_0 = 230$ K, $p_0 = 26\,500$ Pa
- Liczba Macha: $M_0 = 2.0$
- Stopnie sprężania: $\pi_d = 0.95$, $\pi_c = 16.0$, $\pi_t = 6.5$
- Stosunek masowy paliwo/powietrze: $f = 0.3$

4.2 Wyniki

Dla powyższych danych wejściowych otrzymano następujące parametry:

- Za wlotem: $T_{t2} = 414.00$ K, $p_{t2} = 196\,980.51$ Pa
- Po sprężarce: $T_{t3} = 914.19$ K, $p_{t3} = 3\,151\,688.08$ Pa
- Po spalaniu: $T_{t4} = 1716.25$ K, $p_{t4} = 3\,151\,688.08$ Pa
- Po turbinie: $T_{t5} = 1005.35$ K, $p_{t5} = 484\,875.09$ Pa
- Za wylotem: $T_{t9} = 788.70$ K, $p_{t9} = 207\,347.90$ Pa, $V_9 = 626.76$ m/s

5 Wnioski

Stworzony model pozwala na szybką analizę parametrów termodynamicznych w uproszczonym silniku turbodoładowym. Zastosowanie Cantery umożliwiło uwzględnienie reakcji spalania w sposób realistyczny, co znacząco poprawia jakość symulacji względem modeli czysto termodynamicznych. Model może być w przyszłości rozwijany o straty rzeczywiste, wymianę ciepła, nieliniowe wykładniki γ oraz dokładniejsze dane paliwowe.