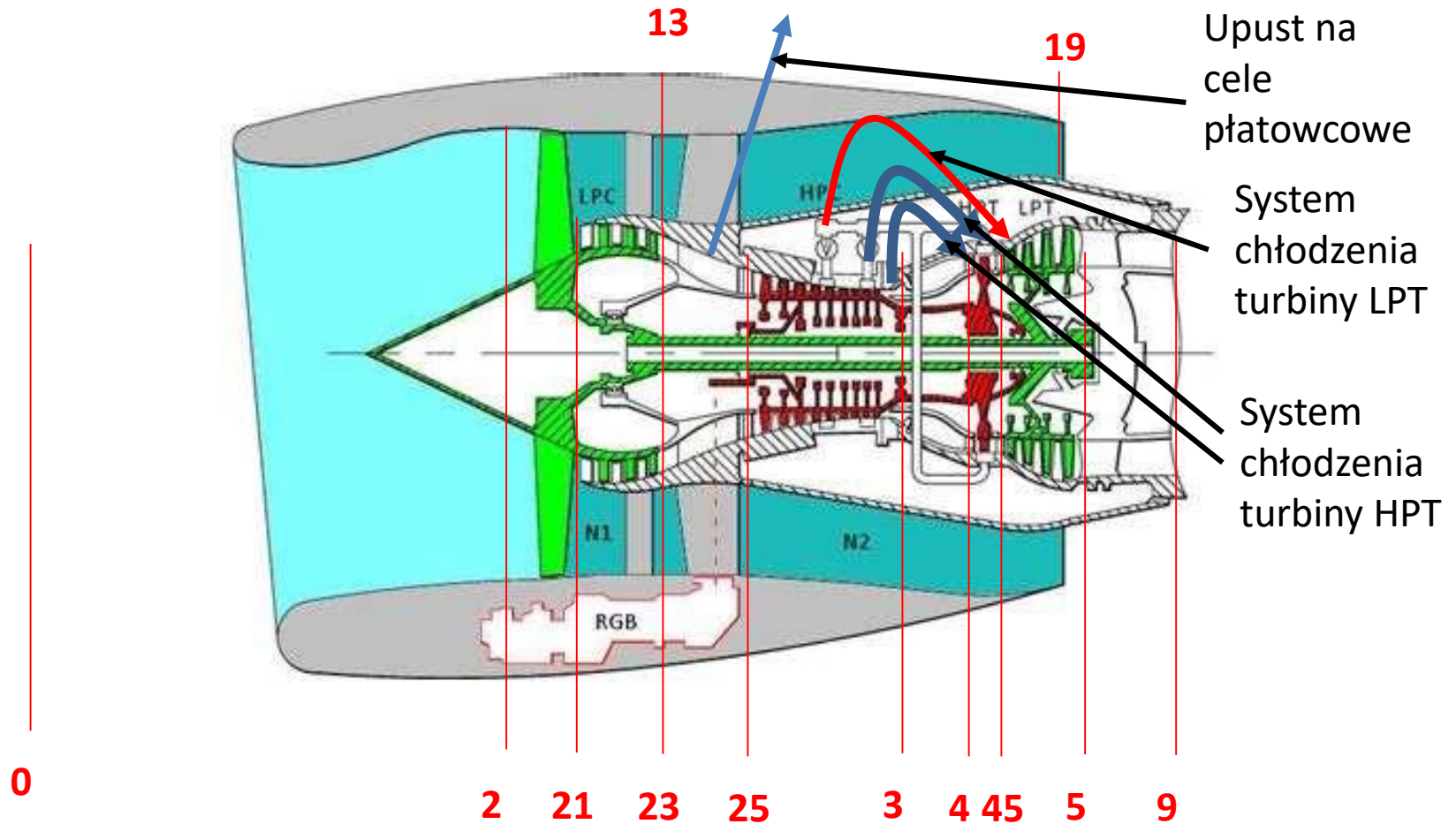


Modelowanie osiągnięć silników lotniczych wykład nr 5

Dr inż. Robert JAKUBOWSKI
Katedra Inżynierii Lotniczej i Kosmicznej

Modelowanie i obliczenia silnika dwuprzepływowego z uwzględnieniem upustów i chłodzenia turbiny

MODEL SILNIKA DWUPRZEPLYWOWEGO



ChŁodzenie turbiny HPC:

Bch1, PRBch1=1 - chŁodzenie WDT

Bch2, PRBch2 - chŁodzenie wirnika turbiny HPC

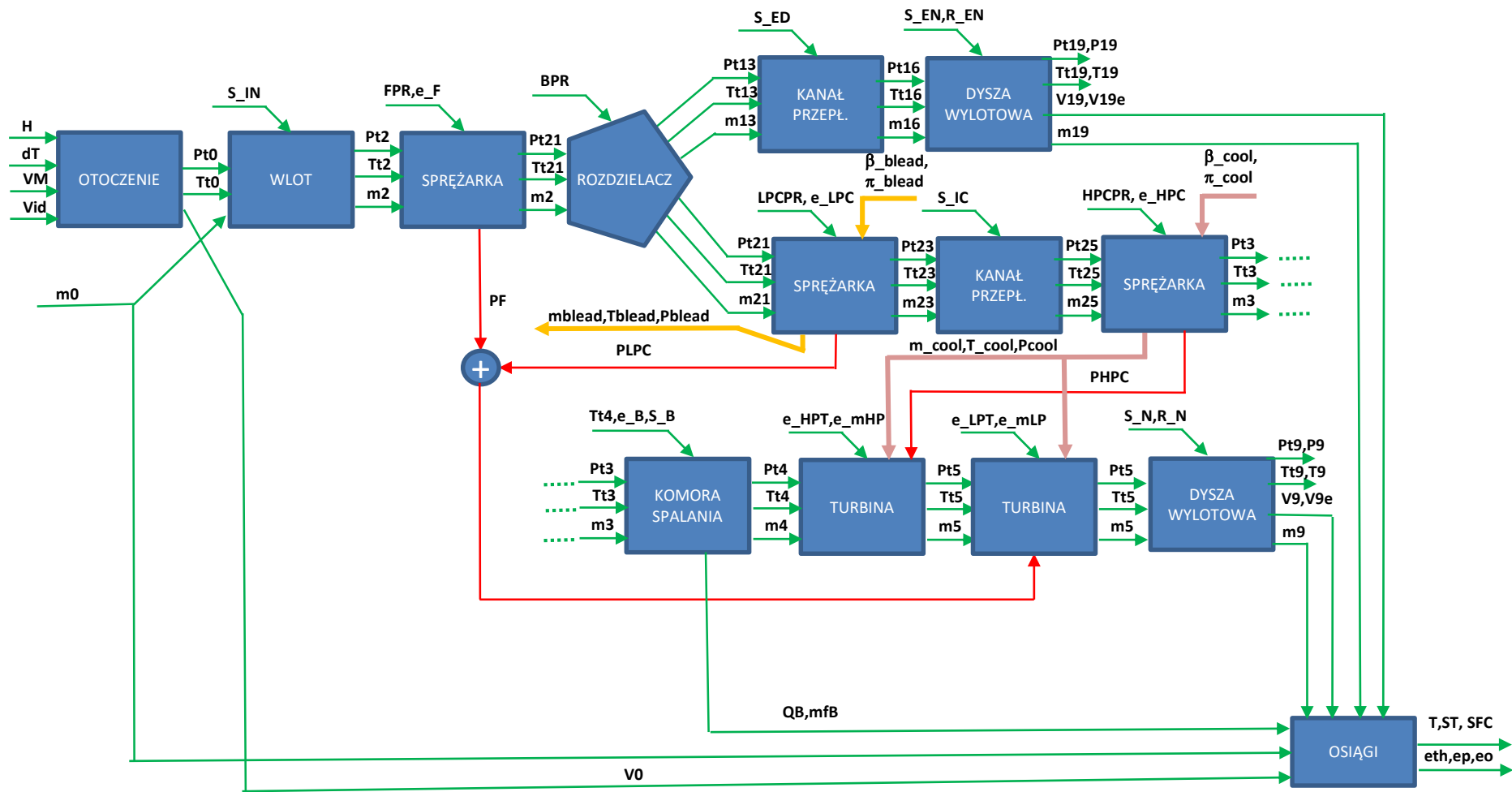
ChŁodzenie turbiny LPC:

Bch3, PRBch3 - chŁodzenie WDT

Upust na cele pŁatowcowe

B_bleed, PR_bleed - upus ze sprężarki NC

MODEL SILNIKA DWUPRZEŁYWOWEGO



function [ST,SFC,T,mf,A9,Awdt,eth,ep,eo,TT,PP,SE,mbleed,Tbleed,Pbleed] = silnik_dwuprz...
 (H,dT,VM,Vid,m0,BPR,FPC,LPCHPC,Tt4,sIN,eF,eLPC,eHPC,sIC,sB,eB,eHPT,eLPT,em1,em2,SED,sN,sEN,...
 Bcool,Pi_cool,Bbleed,Pibleed)

R_{EN} i R_{N} oraz M_{HPT_min} i M_{LPT_min} – można ustawić wewnątrz programu jako stałe wartości

PRZYKŁAD FUNKCJI DO OBLICZEŃ SILNIKA DWUPRZEPLYWOWEGO

- Założenie, że ostatni upust, który jest brany z za HPC jest wykorzystany na chłodzenie HPT w proporcjach 60% WD i 40% wirnik.
- Gdy wektor zawierający upusty z HPC jest 2 lub więcej elementowy, to pierwszy element przewidziany jest jako czynnik chłodzący dla LPT, a pozostałe chłodzą HPT. Gdyby LPT miało być nie chłodzone, to należy wprowadzić fikcyjny pierwszy element wektora Bcool i Pi_cool jako NaN
- Przykładowy model silnika z uwzględnieniem chłodzenia zawarto w pliku: [silnik_dwuprz](#)

PRZYKŁAD PRZYGOTOWANIA DANYCH DO OBLICZEŃ TURBINY CHŁODZONEJ

Założenia dla obliczanego przypadku:

- 8% powietrza względem wlotu do KW pobierane jest z za sprężarki i wykorzystane na chłodzenie pierwszego stopnia HPT (60% WDT, 40% wirnik)
- Z HPC jest upuszczane powietrze w ilości 3% (spręż względny 40%) do chłodzenie dalszej części turbiny HPT
- Z HPC jest upuszczane powietrze w ilości 1,5 % na chłodzenie LPT (aparatury kierowniczej) (spręż względny 8%)
- Z za LPC jest upuszczane powietrze w ilości 3% na cele płatowcowe:

Stąd:

$B_{\text{bleed}}=0.03, \quad PR_{\text{bleed}}=1$

$B_{\text{cool}}=[0.015 \ 0.03 \ 0.08], \quad PR_{\text{cool}}=[0.08 \ 0.4 \ 1]$

Przykład obliczeniowy zrealizowano w pliku:

[Obliczenia silnika dwuprzepływowego analiza chłodzenia.pdf](#)

PRZYKŁAD PRZYGOTOWANIA DANYCH DO OBLICZEŃ CHŁODZONEJ HPT (bez LPT)

Założenia:

- Założenia dotyczące upustu płatowcowego oraz na chłodzenie HPT pozostają jak wcześniej
- Upust na chłodzenie LPT zostaje usunięty stąd
- $B_{ch}=[NaN\ 0.03\ 0.08]$, $PR_{ch}=[NaN\ 0.4\ 1]$
- Przykład zrealizowano w pliku:

[Obliczenia silnika dwuprzepływowego analiza chłodzenia.pdf](#)

ANALIZA I OMÓWIENIE WYNIKÓW

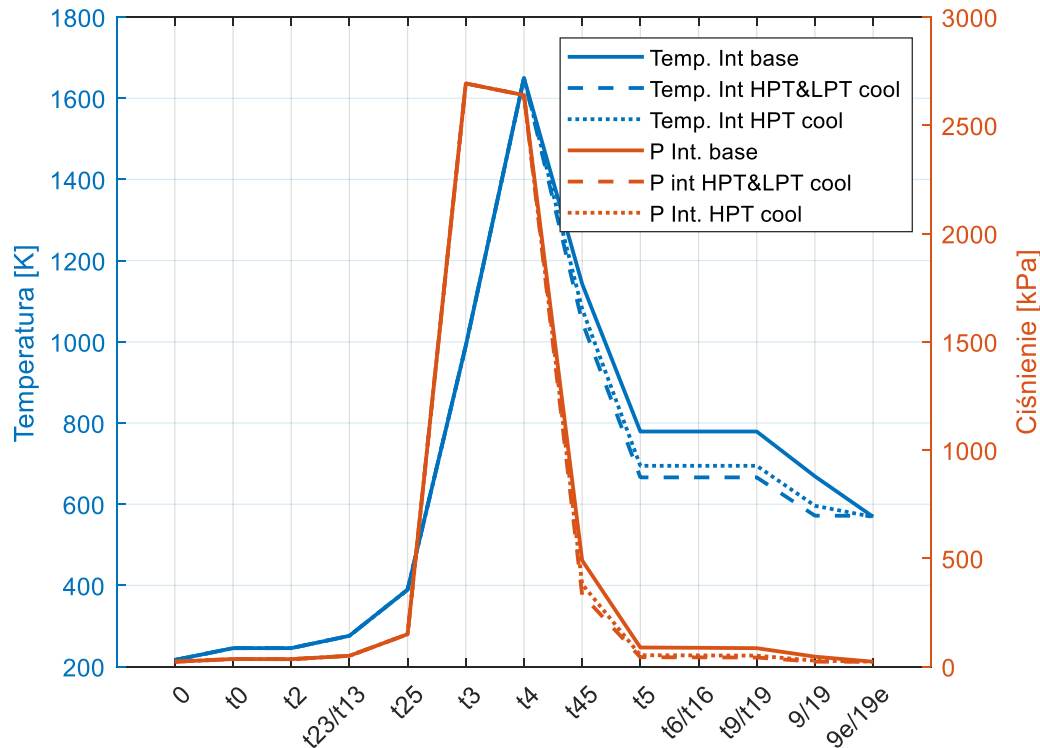
	Parameter	Unit	Brak upustu	upust i chłodz. obu turb.	upust i chłodz. HPT
1	'Altitude'	'km'	11	11	11
2	'Mach No'	'-'	0.82	0.82	0.82
3	'm0'	'kg/s'	100	100	100
4	'Thrust'	'kN'	12.37	9.978	10.51
5	'Specific Thrust'	'N*s/kg'	123.7	99.78	105.1
6	'fuel consumption'	'kg/s'	0.1771	0.151	0.1535
7	'Specific fuel consump'	'kg/N/h'	0.05155	0.05447	0.05257
8	'therm. efficiency'	'-'	0.5727	0.4632	0.5019
9	'prop. efficiency'	'-'	0.6856	0.8023	0.7672
10	'overall efficiency'	'-'	0.3927	0.3716	0.3851
11	'A_WDT_HPT'	'm^2'	0.003831	0.003398	0.003452
12	'AWDT_LPT'	'm^2'	0.01783	0.02434	0.021
13	'A8'	'm^2'	0.08007	0.1458	0.1195
14	'A18'	'm^2'	0.7721	0.7721	0.7721

Względem base engine

Względem silnika z chłodzonymi dwoma turbinami

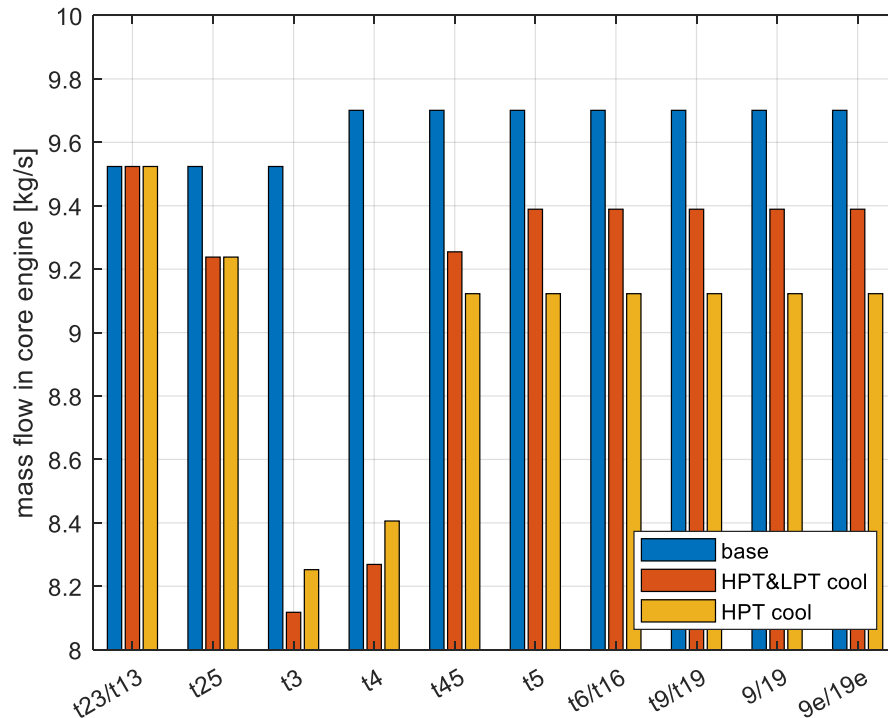
Uwzględnienie chłodzenia i upustów w silniku znacząco obniża jego osiągi względem silnika realizującego ten sam obieg termogazodynamiczny w którym nie jest to uwzględnione

TEMPERATURA, CIŚNIENIE W KANAŁE WEWNĘTRZNYM SILNIKA



Tempearura i ciśnienie całkowite w przekrojach od 45 są na niższym poziomie dla silników z uwzględnieniem systemu chłodzenia turbin, ale temperatura statyczna gazów wylotowych jest nieco wyższa

WYDATEK MASOWY STRUMIENIA GAZU W PRZEKROJACH KONTROLNYCH SILNIKA



Widoczny jest efekt zmiany wydatku masowego strumienia gazu w przekrojach kontrolnych silnika dla silnika z upustami i chłodzeniem turbin. Zmniejszenie przepływu od przekroju

- 25 – spowodowane pierwszym upustem, za LPC
- 3 – Upusty z HPC

Powrót strumienia w wyniku dodania czynnika chłodzącego powoduje zwiększenie wydatku masowego w przekrojach 45, 5 (dotyczy tylko silnika z chłodzonymi obydwojema turbinami)

