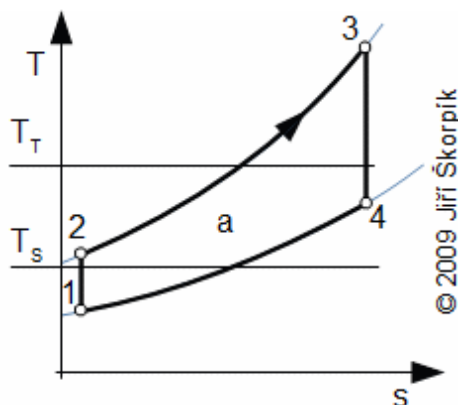


Carnotizace Braytonova oběhu

Za účelem zvýšení účinnosti transformace energie ve spalovací turbíně se provádí Carnotizace porovnávacího oběhu. Porovnávacím oběhem plynových a spalovacích turbín je Braytonův oběh, viz *Obrázek 134*.



134 Střední teploty přívodu a odvodu tepla Braytonova oběhu

a [$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$] měrná práce Braytonova oběhu; T_T [K] střední teplota přívodu tepla do oběhu; T_S [K] střední teplota odvodu tepla z oběhu. Teplo se přivádí do oběhu na úseku 2-3, proto střední teplota přívodu tepla do oběhu bude ležet mezi teplotami T_2 a T_3 . Teplo z oběhu je odváděno na úseku 4-1, proto střední teplota odvodu tepla z oběhu bude ležet mezi teplotami T_4 a T_1 .

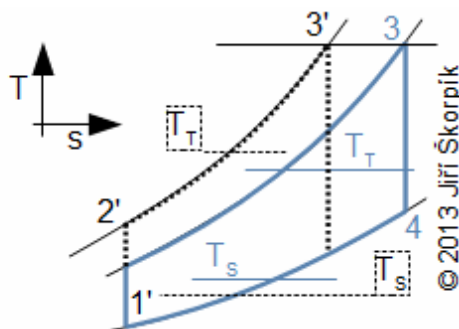
Tepelná účinnost je zvyšována podaří-li se zvýšit střední teplotu přívodu tepla do oběhu nebo naopak snížit střední teplotu odvodu tepla z oběhu. Existuje několik obecných metod jak toho dosáhnout, přičemž velmi často se kombinují.

• Vliv tlaku za turbokompresorem na tepelnou účinnost

Z tvaru Braytonova oběhu se nabízí řešení zvýšení tepelné účinnosti oběhu a to zvýšením tlaku na výstupu z kompresorové části plynové turbíny, *Obrázek 938*.

Tato metoda zvýšení účinnosti se používá u aeroderivátů větších výkonů a to předřazením dalšího tělesa kompresoru (příklad realizace viz níže). Jak je patrné z diagramu má zvýšení tlaku za kompresi

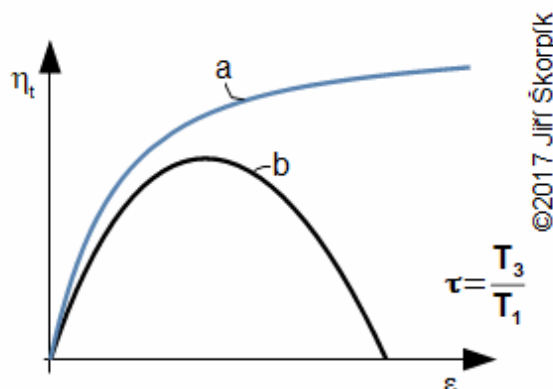
hned dvojitý účinek, zvýší se střední teplota přívodu tepla do oběhu T_T a zároveň sníží střední teplota odvodu tepla z oběhu T_S .



938 Braytonův oběh-vliv zvyšování tlaku p_3 na tepelnou účinnost oběhu

Tvar oběhu po zvýšení tlaku na výstupu z kompresoru a nové střední teploty odvodu a přívodu tepla do oběhu jsou vyznačeny čerchovanou čarou.

Se zvyšujícím se tlakem roste vliv ztrát, respektive vliv rozdílu mezi účinností expanze a komprese, takže od určitého kompresního poměru je přínos na tepelné účinnosti plynové turbíny záporný, viz *Obrázek 762*.



762 Závislost tepelné účinnosti Braytonova oběhu na kompresním poměru

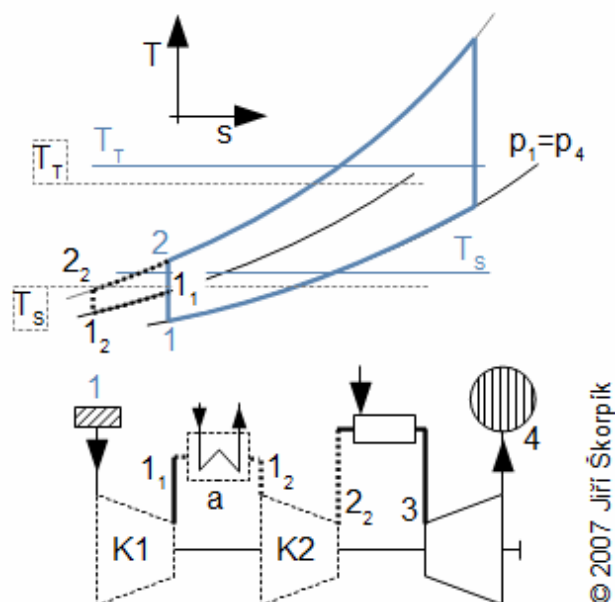
a tepelná účinnost bez ztrát; **a** tepelná účinnost se započítáním ztrát při kompresi a expanzi. η_t [-] tepelná účinnost oběhu. ε [-] kompresní poměr spalovací turbíny; τ [-] teplotní poměr.

Nevýhodou je, že se při větším zvýšení tlaku p_2 může výrazně snížit měrná práce oběhu a tedy i výkon soustrojí. Proto se, nejen z těchto důvodů, kombinuje toto opatření například úpravou s mezichlazením komprese – pokud je

kompresorová část složena z více těles - zvýší množství komprimovaného vzduchu a tedy i výkon soustrojí, jak je ukázáno v následující podkapitole.

• Komprese s mezichlazením

Provedením mezichlazení v průběhu komprese (popsáno v kapitole 26. Turbokompresory s mezichlazením neboli s vnějším chlazením) se sníží kompresorová práce, přičemž práce turbínové části zůstává zachována (Obrázek 138).

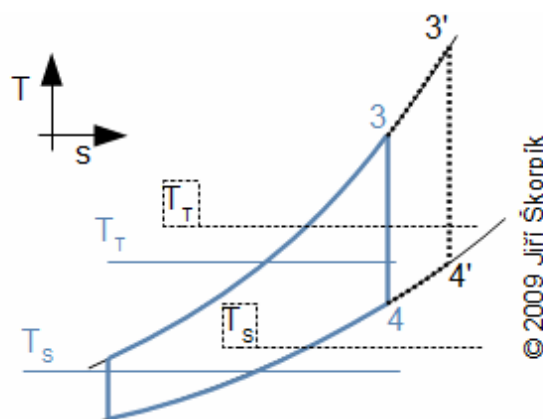


138 Snížení teploty T_s rozdělením komprese s mezichlazením a chladič vzduchu. Kompresorová část je tvořena dvěma tělesy K_1 a K_2 .

Tímto opatření se zmenší vnitřní práce kompresorové části, ale teplotní poměr T_s/T_T se tímto příliš nesníží a tedy ani účinnost (příčinou je opět nutnost zvýšení přivedeného tepla ve spalovací komoře – úsek 2₂-3). Přínos mezichlazení na výkon soustrojí je tím větší čím větší je kompresní poměr, proto se používá jen u plynových turbín s velkým kompresním poměrem, například aeroderivátů

• Vliv teploty před turbínou na tepelnou účinnost

Základním předpokladem vysoké tepelné účinnosti Braytonova oběhu je vysoká teplota pracovního plynu T_3 před turbínovou částí. Zvyšováním teploty T_3 se sice zvýší i teploty T_4 (Obrázek 135), ale lze jednoduše dokázat, že při zachování vnitřní účinnosti turbínové části se bude zvyšovat i tepelná účinnost oběhu.



135 Vliv zvyšování maximální teploty na tepelnou účinnost Braytonova oběhu

V případě ideálního Braytonova oběhu (komprese i expanze probíhá izoentropicky) by se se zvyšováním teploty T_3 zvyšovala tepelná účinnost oběhu bez ohledu na tlak. V případě, že komprese a expanze nebude izoentropická (termodynamické účinnosti nižší než 1) projeví se i vliv kompresním poměru, protože kompresní práce od jistého bodu poroste rychleji než práce expanze, viz Obrázek 850, s. 6.

U proudových motorů je zvyšování teploty T_3 v podstatě jedinou možností jak zvýšit účinnost oběhu a tedy snížit spotřebu paliva (ostatní metody vedou na významné zvýšení hmotnosti motoru). Zvyšování teploty spalin ve spalovací komoře je podmíněno zvyšováním teplotní odolností spalovacích komor a prvních stupňů turbínové části. Vysokoteplotní odolnosti se dosahuje použitím jakostních materiálů lopatek a aktivním chlazením lopatek. I přes tyto opatření se maximální