

TEPELNÁ ÚČINNOST A CHLADÍCÍ FAKTOR TEPELNÝCH OBĚHŮ V TERMODYNAMICE

FILÍPEK Josef – ČERNÝ Michal, ČR

Resumé

V příspěvku je pomocí animací simulována funkce tepelných strojů (*zvedací plošina, Carnotův přímý a nepřímý cyklus*). Činnost těchto strojů je plynule zakreslována v diagramech p – V , T – V , T – S a doplněna nezbytným matematickým aparátem. Animovaný model názorně zobrazuje souvislosti mezi přivedeným teplem a objemovou prací plynu v případě izochorických, izobarických, izotermických a adiabatických stavových změn. Instruktažní prezentace byla vytvořena jako studijní opora do fyziky.

Klíčová slova: Carnotův cyklus, tepelné stroje, tepelná účinnost, animované modely.

THERMAL EFFICIENCY AND COOLING FACTOR OF THERMAL CYCLES IN THERMODYNAMICS

Abstract

The work contains computer animations simulating functions of heat machines and cycles (lifting platform, Carnot's cycle, and indirect cycle). Operation and activity of these units is plotted into p - v , t - v and t - s diagram. and completed by necessary mathematical apparatus. Animated models show in a clear way the relevance between supplied heat and gas p v work (work done during changes in volume) in case of isochoric, isobaric, isothermal and adiabatic changes of state. The instructional presentation has been prepared as a study aid for physics lectures.

Keywords: Carnot's cycle, heat machines, thermal efficienci, animated models.

1 Úvod

Znalost tepelných oběhů v termodynamické soustavě je důležitá pro pochopení principu činnosti tepelných strojů (*spalovací motory, chladicí stroje, kompresory, tepelná čerpadla apod.*). Zde najdou uplatnění animované modely vlastních strojů a synchronizovaných diagramů vytvořených v programu Adobe Flash CS3.

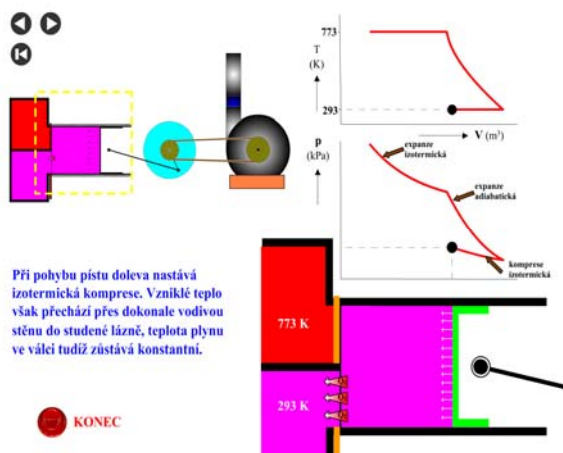
2 Animované modely tepelných strojů a diagramů

Účastníkům konference budou předvedeny animované modely a činnost:

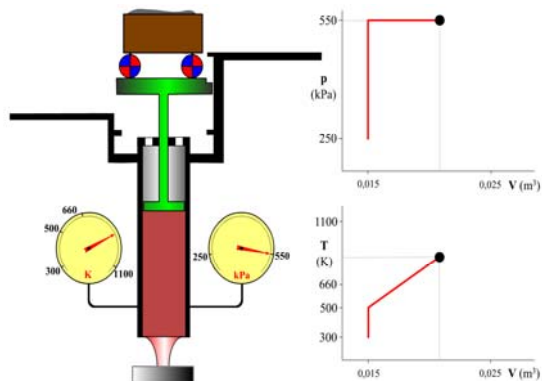
- Carnotova motoru - Obr. 1 (izotermické a adiabatické stavové změny)
- zvedací plošiny - Obr. 2 (izochorické a izobarické stavové změny)
- Carnotova chladicího stroje - Obr. 3 (izotermické a adiabatické stavové změny)

Jelikož tepelný motor pracuje trvale a ne jednorázově, proběhne cyklus, při kterém se termodynamická soustava vrátí do původního stavu. Tuto skutečnost lze pomocí animace znázornit v prostorovém diagramu, kdy se vztažný bod pohybuje po termodynamické ploše (Obr. 4).

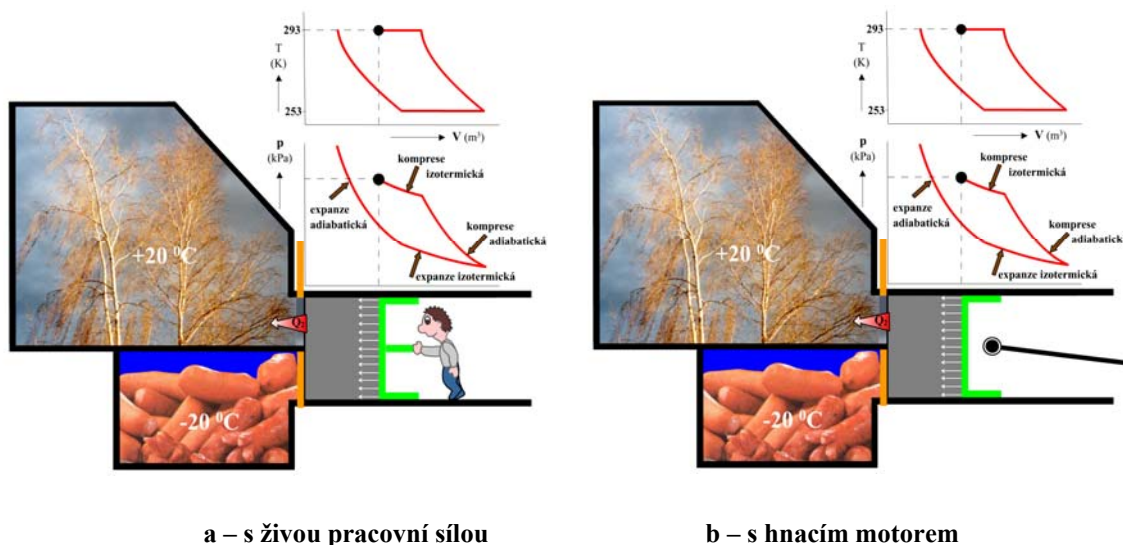
U kruhového cyklu, kde se odebírá teplo z teplé lázně, odevzdává teplo chladné lázni a koná se určitá objemová práce je vhodné registrovat energetické poměry synchronizovanými diagramy p - V a T - S (Obr. 5).



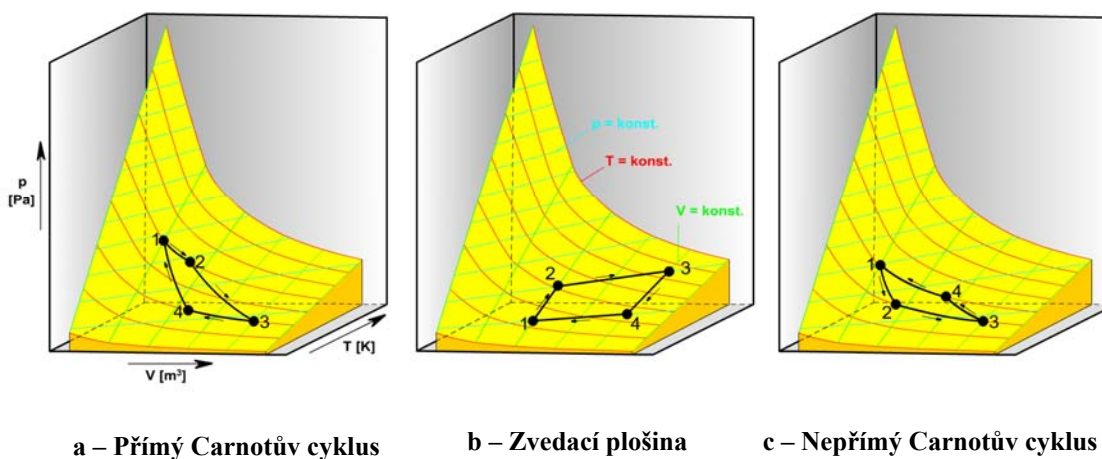
Obr. 1: Animace přímého Carnotova cyklu.



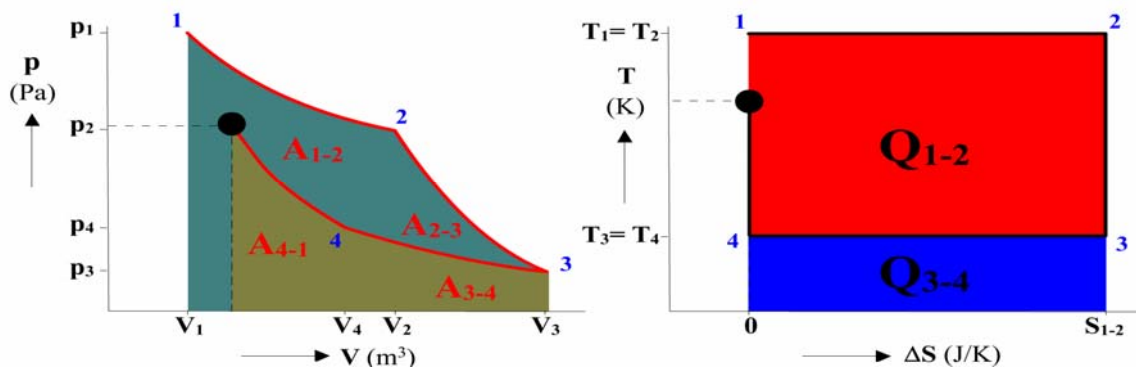
Obr. 2: Animace zvedací plošiny.



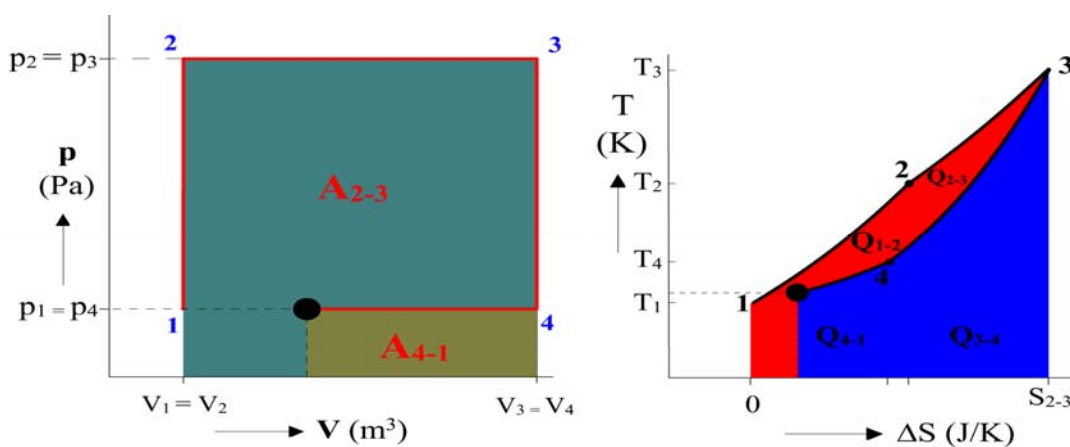
Obr. 3: Animace nepřímého Carnotova cyklu.



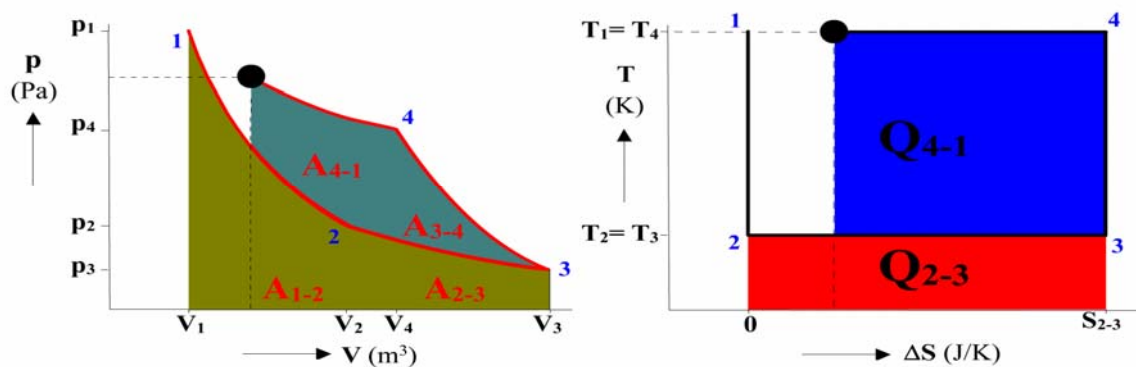
Obr. 4: Znázornění kruhových cyklů na termodynamické ploše.



a – Přímý Carnotův cyklus



b – Zvedací plošina



c – Nepřímý Carnotův cyklus

Obr. 5: Objemová práce a sdílení tepla v kruhových cyklech.

Carnotův motor převádí teplo na práci s nejvyšší možnou účinností. Tepelná účinnost η Carnotova motoru dle obr. 1, 5-a a rovnice (1) bude 0,62.

$$\eta = \frac{Q_{1-2} - Q_{3-4}}{Q_{1-2}} = \frac{T_1 - T_3}{T_1} = 0,62 \quad (1)$$

Tepelná účinnost η zvedací plošiny dle obr. 2, 5-b a rovnice (2) bude jen 0,098. Pokud by mezi danými teplotami pracoval ideální Carnotův motor, tepelná účinnost by činila 0,73.

$$\eta = \frac{|Q_{1-2} + Q_{2-3}| - |Q_{3-4} + Q_{4-1}|}{|Q_{1-2} + Q_{2-3}|} = 0,098 \quad (2)$$

Chladicí faktor K Carnotovy chladničky dle obr. 3, 5-c a rovnice (3) bude 6,33. Animace na obr. 3a zobrazuje pohon chladničky živou silou. Názorně je zde vidět využití práce k čerpání tepla z chladnější lázně do teplejší. Velikost chladicího faktoru K však z tohoto obrázku nevyplývá, protože se nevyužije práce při expanzi plynu.

$$K = \frac{|Q_{2-3}|}{|Q_{4-1}| - |Q_{2-3}|} = \frac{T_2}{T_4 - T_2} = 6,33 \quad (3)$$

3 Závěr

Pomocí animovaných modelů tepelných strojů, které jsou synchronizovány s plynulou změnou veličin v diagramech p - V , T - V a T - S lze názorně zobrazit, že práce A a teplo Q závisí na cestě po které probíhá děj a tudíž je ovlivněna tepelná účinnost η , popř. chladicí faktor K . V prostorovém diagramu p - V - T je možno na termodynamické ploše objasnit, proč stavové veličiny p , V , T , U se po cyklickém ději vrátí do výchozího stavu. Jsou-li tyto animace doplněny nezbytným matematickým aparátem, můžeme dosáhnout toho, že studenti pochopí i bez hlubokých znalostí termodynamiky princip činnosti tepelných strojů.

4 Literatura

1. HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER, J. *Fyzika část 2 Mechanika – Termodynamika* Brno: Nakladatelství Vutium, nakladatelství Prometheus, 2006. 330 – 576 s. ISBN 80-214-1868-0, ISBN 81-7196-213-9.
2. FILÍPEK, J., HURBÁNEK, R. *Animace přímého a nepřímého Carnotova cyklu*. In KOKA 2004, XXXV. mezinárodní konference kateder a pracovišť spalovacích motorů českých a slovenských vysokých škol. 2004. Brno: MZLU, 2004. s. 33 - 38. ISBN 80-7157-776-6.
3. FILÍPEK, J. *Stavové změny plynů zobrazené na termodynamické ploše*. Essentia, www.essentia.cz., 8s. + dynamická prezentace. ISSN 1214-3464.

Lektoroval: Doc. Ing. Jan Červinka, CSc.

Kontaktní adresa:

Josef Filípek, Doc. Ing. CSc.,
Ústav techniky a automobilové dopravy,
Agronomická fakulta, MENDELU,
Zemědělská 1, 613 00 Brno, ČR,
tel. +420 545 132 123,
e-mail filipek@mendelu.cz

Michal Černý, Doc. Ing. CSc.,
Ústav techniky a automobilové dopravy,
Agronomická fakulta, MENDELU,
Zemědělská 1, 613 00 Brno, ČR,
tel +420 545 132 121,
e-mail michalc@mendelu.cz