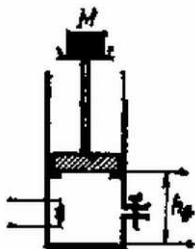


Az emelőszerkezetet az elektromos fűtőtest működteti, ezért a hatásfok definíciójában az „összes munka” a fűtőtest által végzett munkát jelenti. Ellenállásokon az elektromos munka teljesen hővé alakul, így jogosan írhatjuk, hogy

$$\eta = \frac{W_{\text{hasznos}}}{Q},$$

ahol Q az egész folyamat során a gázzal közölt hő, W_{hasznos} pedig az M tömegű tehát h magasságba emeléséhez szükséges Mgh munka. A továbbiakban Q -t kell még meghatározunk. Ehhez vizsgáljuk meg, milyen állapotváltozáson megy keresztül a gáz!



A hőmérséklet növelésekor kezdetben még nem emelkedik föl a dugattyú, a folyamat tehát izochor. Meddig tart mindez? A dugattyú egyensúlyának feltétele

$$pA = p_0A + (M + M_0)g + F_s,$$

ahol A az alaplap területe, s feltettük, hogy a külső légnyomás is p_0 . F_s a dugattyúra ható súrlódási erő, amely tapadó súrlódásból származik, amíg elmozdulás nem történik. F_s ellenkező irányú, mint a pA erő. A mozgás akkor indul meg, amikor a tapadó súrlódási erő eléri (ill. meghaladja) a maximumát. Föl kell tételoznünk, hogy $F_{s\text{max}}$ és a feladatban szereplő S csúszó súrlódási erő közelítőleg megegyezik. Abban az esetben ugyanis, ha $F_{s\text{max}}$ nagyobb S -nél, a dugattyú egyenletes gyorsulással kezd mozogni, amely előbb-utóbb oda vezet, hogy az általunk tanult termodinamika – mely csak kvázistacionárius folyamatok leírására alkalmas – nem használható.

Az izochor melegedés tehát addig tart, amíg a nyomás a

$$p_1 = p_0 + \frac{(M_0 + M)g + S}{A}$$

értéket el nem éri. Az ennek megfelelő hőmérséklet az egyesített gáztörvényből (a levegőt ideális gáznak tekintjük)

$$T_1 = T_0(P_1/p_0).$$

A dugattyú ettől kezdve egyenletesen emelkedik, ami azt jelenti, hogy a gáz nyomása állandó: p_1 . Abban az állapotban, amikor a dugattyú a kívánt h magasságba került, a hőmérséklet:

$$T_2 = T_1(h/h_0) = T_0(P_1/p_0) \cdot (h/h_0).$$

A közölt hő számolásakor az első esetben tehát a c_V , a második esetben pedig a c_p fajhőt kell használnunk:

$$Q = c_V m(T_1 - T_0) + c_p m(T_2 - T_1).$$

A gáz m tömegét a kezdeti adatok között fennálló

$$p_0 h_0 A = \frac{m}{M_{lev}} RT_0$$

állapotegyenletből határozhatjuk meg (M_{lev} a levegő átlagos molekulásúlya).

Mindezeket behelyettesítve:

$$\eta = \frac{Mgh}{\frac{M_{lev}}{R} \{c_V [(M + M_0)gh_0 + Sh_0] + c_p [(M + M_0)g + S + Ap_0(h - h_0)]\}}$$

Masa István (Szeged, Ságvári E. Gyak. Gimn., III. o. t.)
dolgozata alapján

Megjegyzések. 1. A feladatban nemcsak a tartályt, hanem a dugattyút is jó hőszigetelőnek tekintettük. Ellenkező esetben nem lenne igaz, hogy az elektromos munkával egyenértékű hő adódik át a gáznak. Másrészt viszont nem vettük figyelembe, hogy a súrlódáskor keletkező hő (vagy annak egy része) átadódhat a dugattyúban levő levegőnek.

2. Melegítéskor a levegő tágulása miatt annak súlypontja is feljebb kerül. Az emelési munkához szükséges hőt is az elektromos melegítőnek kell fedeznie. Ez az energia azonban jóval kisebb, mint Q , így jogosan hanyagoltuk el. 3. A Q hőt az I. főtétel alapján is meghatározhatjuk:

$$\Delta U = Q + W_{\text{küls}\sigma}.$$

A külső erők: a $p_0 A$ légnyomás, az $(M + M_0)g$ súlyerő és az S súrlódási erő mind negatív munkát végeznek:

$$-W_{\text{küls}\sigma} = (p_0 A + (M + M_0)g + S)(n - n_0).$$

A belső energia megváltozása

$$\Delta U = c_V m (T_2 - T_0).$$

Ezzel

$$Q = c_V m \left[1 + \frac{(M + M_0)g + S}{p_0 A} \right] \frac{h}{h_0} T_0 + [p_0 A + (M + M_0)g + S](h - h_0);$$

Az ideális gázok fajhői között fennálló

$$c_p - c_V = R/M^*$$

összefüggés felhasználásával (M^* a molekulasúly) könnyen megmutatható, hogy a megoldásban kapott hő a fenti alakra hozható.

Németh Róbert (Győr, Révai M. Gimn., III. o. t.)

4. Az izobár változás leírásakor sokan $c_p m \Delta T$ -t tekintették belső energiaváltozásnak. Ez az okoskodás hibás! Többször szerepelt már lapunkban is, de ismét hangsúlyozzuk: az ideális gáz belső energiája adott hőmérsékleten:

$$U = c_V m T.$$

U állapotjelző, független attól a folyamattól, ahogyan odajutott a rendszer. Tehát izobár változáskor is

$$\Delta U = c_V m \Delta T.$$