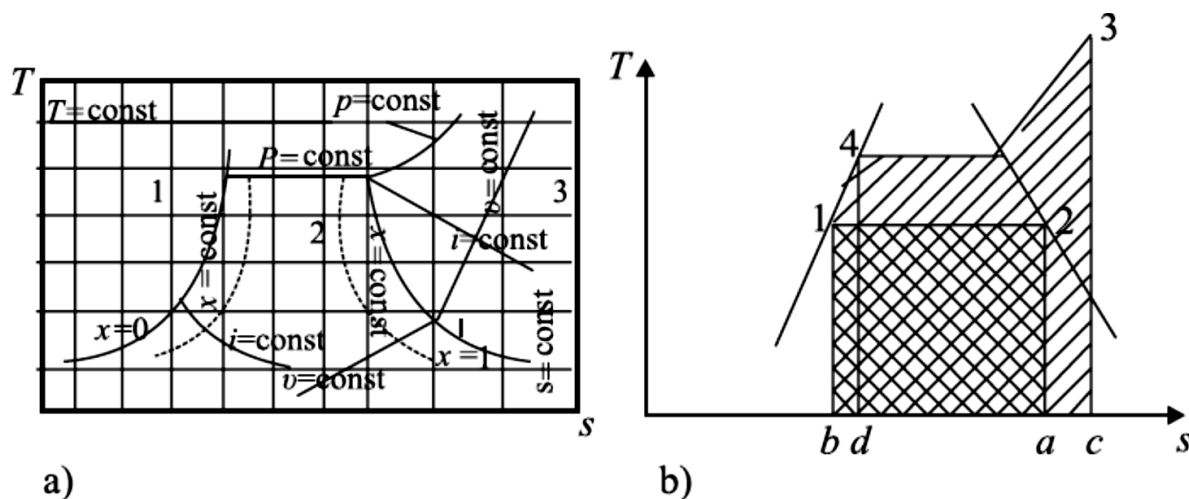


Ýylylyk diagrammalary.

Sowadyjy maşynyň aýlawynyň hasaplamasynda işçi jisimiň parametrlerini kesgitlemek üçin sowadyjy jisimleriň gury doýgun buglarynyň tablisasy (1-3-nji goşundylar), şeýle-de ýylylyk diagrammalar ulanylýar. Has giň ýaýran diagramma entropiýa–temperatura (s - T) we entalpiýa–basyş (i - p) hasap edilýär.

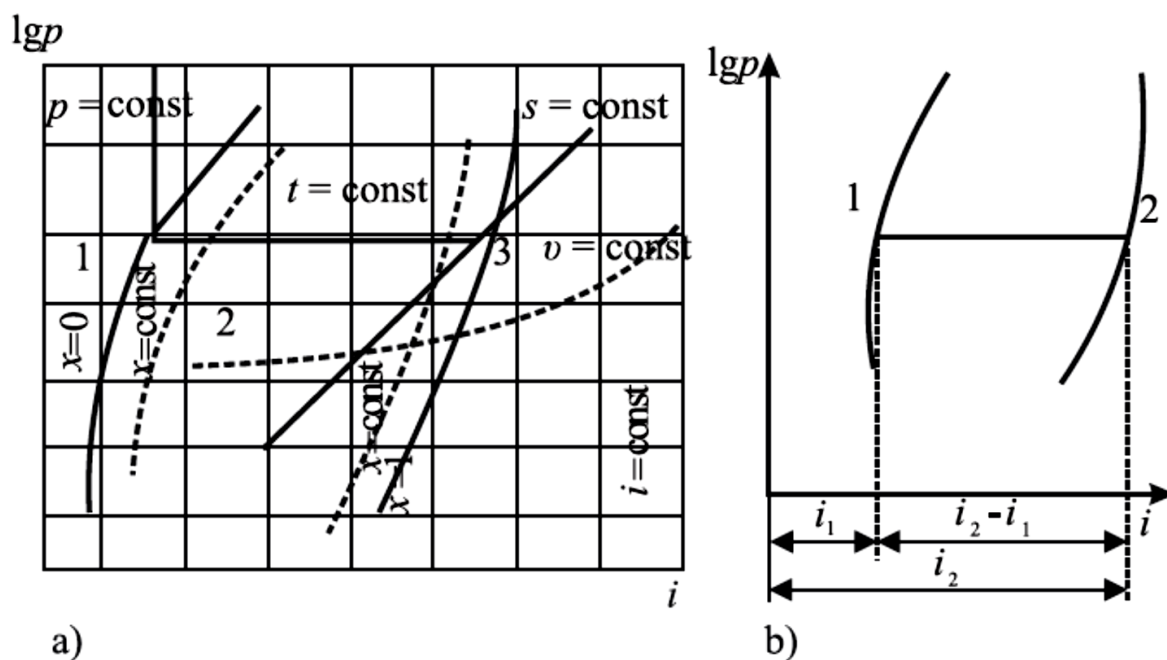
s-T diagramma. s-T diagrammada (4-nji (a) surat) abssissa okunda s entropiýanyň bahasy goýulýar we hemişelik s adiabatnyň wertikal çyzyk lary geçirilýär. Ordinata oky boýunça T absolýut temperaturanyň bahasy goýulýar we hemişelik T izotermanyň gorizonta çyzyklary geçirilýär. Adiabatadan we izotermadan alnan tora deňşlilikde doýgun buguň ($x = 0$ bug saklaýjylygy) we gury doýgun buguň ($x = 1$) ýagdaýyny häsiýetlendirýän çäk egriler çyzylýar. Iki çäk egrileriň arasy çygly buguň (2) meýdanyny aňladýar. $x = 0$ çäk egri çygly buguň (2) meýdanyndan (1) aşa sowadylan suwuklygyň meýdanyny bölýär, $x = 1$ egri – çyglydan aşa gyzdyrylan buguň (3) meýdanyny bölýär. Diagrammada hemişelik bug saklaýjylygyň (x); hemişelik basyşyň (p) – izobaralaryň; hemişelik udel göwrümleriň (v) – izohoralaryň; hemişelik entalpiýalaryň (i) – izoentalpiýalaryň çyzyklary geçirilen. Izobara çygly buguň meýdanynda izoterma gabat gelýär, gyzan buguň meýdanynda ýokaryk galýar. Berlen we aýrylan ýylylygyň mukdary, sarp edilen we alnan iş s-T diagrammasynda meýdanlar arkaly şekillendirilýär. (1–2) izotermik hadysada jisime berlen ýylylyk 1 – 2 – a – b meýdana, (3–4) izobarik hadysada aýrylan ýylylyk 3 – 4 – d – c meýdana gabat gelýär (4-nji b surat).



4-nji surat. s-T diagramma

i-p diagramma. Diagrammanyň toruny izobaranyň gorizonta çyzyklary we izoentalpiýanyň wertikal çyzyklary düzýär (5-nji a surat). Diagrammada, adaty, ordinata oky boýunça basyşyn logarifmik möçberi ($\lg p$) kabul edilýär. Diagramma t , s , x , v hemişelikler girizilen. Adiabata prosesi üçin ýylylygyň we işiň

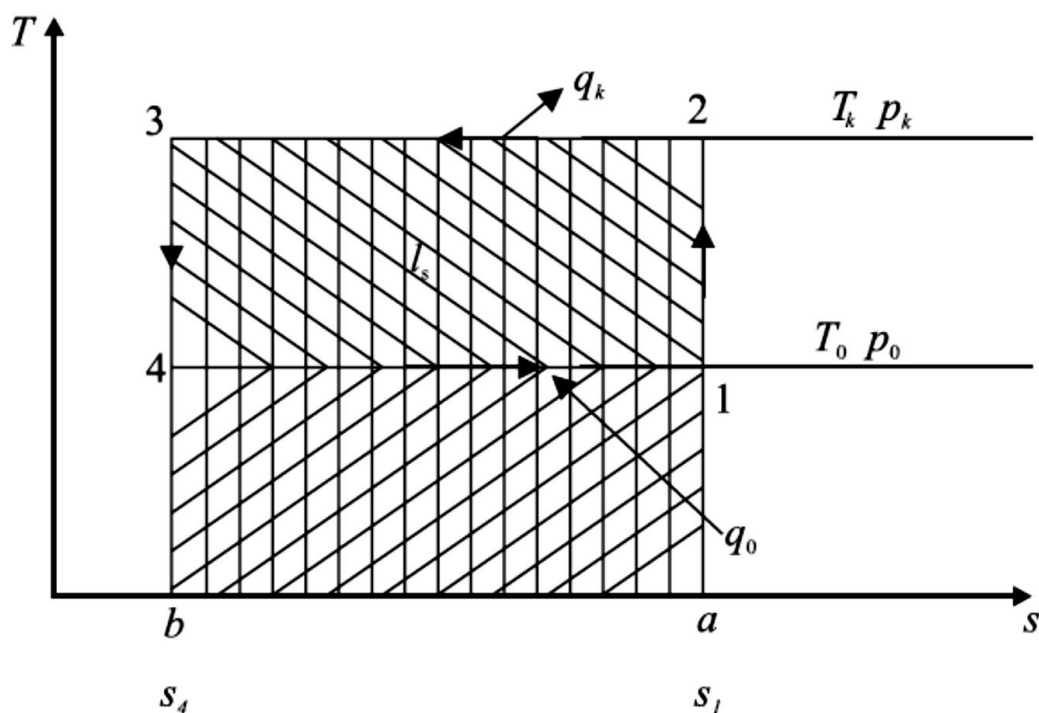
diagrammada meýdanlar bilen däl-de, abssissa oky boýunça kesiklerde şekillendirilmegi i -lgp diagrammanyň artykmaçlygy bolup durýar. izotermik prosesde (1–2) berlen ýylylyk entalpiýanyň tapawudyna deň (1–2 kesik, 5-nji (b) surat).



5-nji surat. i -lgp diagramma

Ters aýlaw prosesi

Termodinamikanyň ikinji kanunyna laýyklykda, emeli üznüksiz sowatmak energiýany sarp etmezden bolup bilmez. Şu ýagdaýda bolup geçýän prosesleriň jemine aýlawy tersine ugrukdyrylan proses ýada termodinamiki ters aýlawly diýilýär. Göni aýlawly prosesde (ýa-da göni termodinamiki aýlawda) ýylylyk gyzgyn jisimden sowuga (daşky gurşawa) berilýär. Bu pursatda iş amala aşyrylýar. Ters aýlawda ýylylyk sowuk jisimden temperaturasy ýokary bolan jisime (daşky gurşawa) berilýär. Bu halda dasky güýç iş edýär. Ýylylygyň sowadylýan gurşawdan daşky gurşawa (suwa ýa-da howa) berilýän ters aýlawyna sowadyş aýlawy diýilýär.



6-njy surat. Karnonyň ters aýlawy

Termodinamiki nukdaýnazardan has kämilleşen, minimal işi sarp etmek bilen amala aşyrylýan Karnonyň ters aýlawyna seredeliň.

Sowadyjy aýlaw. s-T diagrammada Karnonyň aýlawy 6-njy suratda görkezilendir. Ol iki izotermik we iki adiabat proseslerden durýar. izotermik prosesde (4–1) işçi jisime T_0 pes temperaturaly ýylylyk çeşmesinden berilýän ýylylyk mukdary (q_0) getirilýär (4-1-a-b meýdan). Adiabat prosesinde (1–2) işçi jisim kompressoryň kömegi bilen başlangyç basyşdan (p_0) ahyrky basyşa (p_k) çenli gysylýar. Şunuň bilen birlikde onuň temperaturasy daşky gurşawyň temperaturasyna ýa-da ýokary temperatura çeşmesine (T_k) çenli ýokarlanýar. Gysmaga (l_{gys}) iş sarp edilýär. Izotermik prosesde (2–3) işçi jisim ýokary temperaturanyň çeşmesine (T_k) q_k ýylylygy berýär (2-3-b-a çyzyk bilen çäklenen meýdan). Ýene-de işçi jisim pes temperaturanyň çeşmesinden ýylylygy alar ýaly ol detanderde (3–4 proses) p_k basyşdan p_0 basyşa çenli adiabat giňelýär. Şunuň bilen birlikde onuň temperaturasy T_k -dan T_0 -a çenli peselýär we işçi jisim lgiň işi ýerine ýetirýär. Şeýlelikde, ters aýlawyň ýerine ýetirilmegi bilen ýylylyk (q_0) pes temperaturaly jisimden (T_0) aýrylýar we ýokary temperaturaly (T_k) jisime berilýär. Munuň üçin aýlawda l_s iş sarp edilýär. Ol iş kompressorda sarp edilen we detanderde alnan işleriň tapawudyna deňdir:

$$l_s = l_{gys} - l_{giň}.$$

Termodinamikanyň ikinji kanunyna görä, sowadyjy maşynlaryň ýylylyk balansy:

$$q_0 + l_s = q_k \quad (1.1)$$

Değişlilikde, l_s ululyk 1-2-3-4 çyzyk bilen çäklenen meýdana gabat gelýär, ýagny 2-3-b-a we 4-1-a-b çyzyk bilen çäklenen meýdanlaryň tapawudyna deňdir.

Sowadyş aýlawynyň effektiwligi onuň sowadylyş koeffisiýenti (ε) arkaly bahalandyrylýar. Ol sowadylýan jisimden aýrylan ýylylyk mukdarynyň sarp edilen işe gatnaşygyny aňladýar:

$$\varepsilon = q_0 / l_s \quad (1.2)$$

(1.1) deňlemenden l_s -iň bahasyny goýup, alarys:

$$\varepsilon = q_0 / (q_k - q_0) = T_0 (s_1 - s_4) / [T_k (s_1 - s_4) - T_0 (s_1 - s_4)] = T_0 / (T_k - T_0) \quad (1.3)$$

(1.3) deňlemenden görnüşi ýaly, Karnonyň aýlawynyň sowadylyş koeffisiýenti işçi jisimiň fiziki häsiýetine bagly bolman, diňe T_0 we T_k temperaturalaryň funksiýasy bolup durýar. T_0 näçe uly we T_k näçe kiçi bolsa, sowadylyş koeffisiýenti şonça-da uly. Işin hakyky şertlerinde pes temperaturanyň çeşmesi sowadyjy jisim (howa, suw, duzly suw, toprak we ş.m.); ýokary temperaturanyň çeşmesi daşky gurşaw (suw ýa-da howa) bolýar. (1.2) deňlemä görä, sowadylyş koeffisiýenti näçe uly bolsa, bir birlik sowuklygy almaga şonça-da az iş sarp edilýär, ýagny sowadyjy maşynyň işleýşiniň ykdysady görkezijisi şonça-da uly. Şeýlelikde, sowadyjy desga taslanylanda has ýokary (T_0) we has pes temperatura (T_k) ymtylýarlar. Sowadyş aýlawynyň işçi maddasyna **sowadyjy jisim** diýilýär.

Sowadyjy jisimiň udel massalaýyn we göwrümleýin sowuklyk öndürijiligi.

Emeli sowatmak arkaly bir birlik wagtda alynýan ýylylygyň mukdaryna sowadyjy maşynyň sowuklyk öndürijiligi Q_0 (Wt) diýilýär. Sowadyjy jisimiň bir birlik massasyna degişli sowuklyk öndürijiligine onuň udel massalaýyn sowuklyk öndürijiligi q_0 (kJ/kg) diýilýär. Göwrüm birligine degişli edilen udel massalaýyn sowuklyk öndürijiligine sowadyjy jisimiň göwrümleýin sowuklyk öndürijiligi q_v (kJ/m³) diýilýär.

$$q_v = q_0 / v.$$

Bu ýerde v – gury doýgun ýa-da aş gyzdyrylan buguň udel göwrümi (m³/kg).

Sowuklyk öndürijiligiň gaýnama (t_0) we kondensasiýa (t_k) temperaturalaryna baglylygy. Gury doýgun buglaryň tablisasyndan (1–3-nji goşundylar) görnüşi ýaly, t_k -nyň kemelmegi bilen suwuklygyň entalpiýasy hem kemelýär, t_0 -nyň artmagy bilen gury doýgun buguň entalpiýasy artýar, ýöne udel

göwrümi kemelýär. Degişlilikde, t_k -nyň kemelmegi we t_0 -nyň artmagy bilen sowadyjy jisimiň sowuklyk öndürijiligi artýar. Şeýlelikde, aýlawy amala aşyrmaga sarp edilýän iş azalýar.

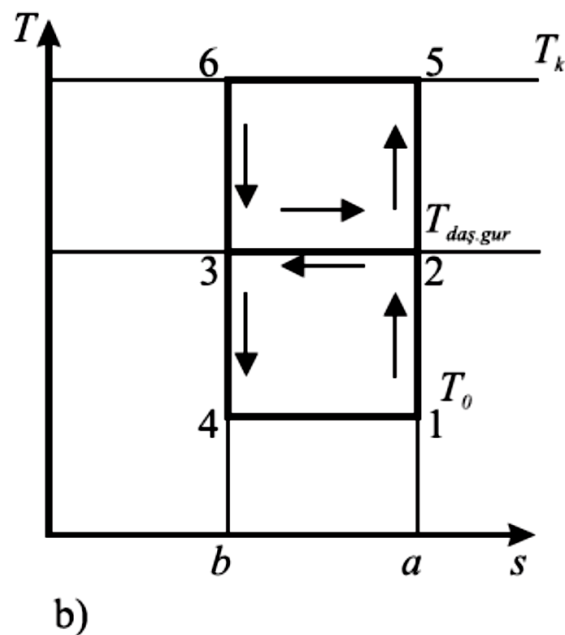
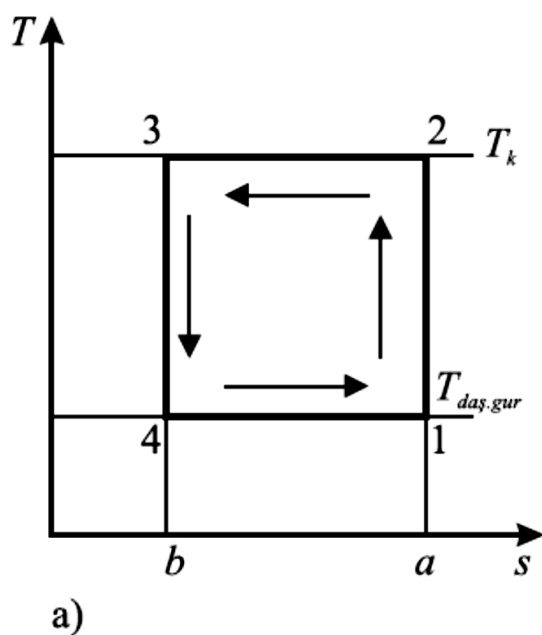
Ýylylyk nasosynyň aýlawy. Her bir sowadyjy maşynyň düýp manysy ýylylyk nasosydyr, sebäbi ol temperaturasy pes potensialdan has ýokary potensiala ýylylygy geçirmäge gulluk edýär, emma adaty sowadyjy aýlawda ýylylyk çeşmesi bolup daşky gurşaw hyzmat edýär. Şeýlelikde, esasy mesele jisimi $t < t_{daş.gur.}$ çenli sowatmak. Şeýle aýlawy göz önüne getireliň. Daşky gurşaw, sowukly çeşme we onuň ýerine ýetir ýän wezipesi $t > t_{daş.gur.}$ daşky gurşawdan ýylylygy almak. Bu aýlaw, adatça, ýylylyk nasosynyň aýlawy diýlip atlandyrylýar. Ýylylyk nasosy üçin Karnonyň aýlawy s-T diagrammasynda edil sowadyjy maşynyňka meňzeşlikde şekillendirilýär (7-nji (a) surat). Aýlawyň effektiwligi alnan ýylylygyň sarp edilen işe gatnaşygyndan kesgitlenilýär we özgertmegiň koeffisiýenti ýa-da ýylatmagyň koeffisiýenti diýip atlandyrylýar:

$$\mu = q_k / l_s. \quad (1.4)$$

Özgertme koeffisiýenti berlen şertlerde ýylylyk birligini almaga sarp edilen işi häsiýetlendirýär. Ony (1.4) deňlemede l_s -iň ýerine $q_k - q_0$ tapawudy goýmak arkaly temperaturanyň üsti bilen aňlatmak mümkin: $\mu = q_k / (q_k - q_0) = T_k(s_a - s_b) / [T_k(s_a - s_b) - T_{daş.gur.}(s_a - s_b)] = T_k / (T_k - T_{daş.gur.})$. (1.5) (1.5) deňlemeden görnüşi ýaly, gyzdyrylýan jisimiň temperaturasy (T_k) näçe uly bolup we daşky gurşawyň temperaturasy ($T_{daş.gur.}$) kiçi bolsa, özgertme koeffisiýenti şonça-da kiçidir. Degişlilikde, bir birlik ýylylygy almak üçin şonça-da köp iş sarp edilýär. (1.1) deňlemäniň iki tarapyňy hem l_s -e bölüp, alarys

$$\mu = \varepsilon + 1. \quad (1.6)$$

Utgaşdyrylan aýlaw. Ters aýlawy ýerine ýetirmek bilen bir wagtyň özünde sowuklygy we ýylylygy (gyzgynlygy) almak mümkin bolan aýlaw – ters utgaşdyrylan (kombinirlenen) diýilýär (7-nji (b) surat). Ol iki aýlawdan, ýagny sowadyjydan (1-2-3-4) we ýylylyk nasosyndan (2-5-6-3) durýar. Ters utgaşdyrylan aýlaw beýleki iki aýlawdan netijeli, sebäbi onda ýylylyk iki temperatura derejesinde ulanylýar.



7-nji surat. Ters aýlaw:

a – ýylylyk nasosynyň aýlawy; b – utgaşdyrylan aýlaw

Karnonyň ters utgaşdyrylan 4-1 prosesinde (T_0) temperaturada (q_0) ýylylyk berilýär (bu ýylylyga 4-1-a-b çyzyk bilen çäklenen meýdan degişli), 5-6 prosesde (T_k) temperaturada (q_k) ýylylyk aýrylýar (bu ýylylyga 5-6-b-a çyzyk bilen çäklenen meýdan degişli). Aýlawda 1-5-6-4 çäkdäki meýdanlar bilen ölçelýän ls iş sarp edilýär. Bu meýdanlaryň esasy a–b birdir. Şonuň üçin olar öz beýikliklerine proporsionaldyrlar.

7-nji (b) suratdan görnüşi ýaly, ýylylyk nasosynda berilýän we sowadyjy aýlawdan alynýan ýylylyk mukdarynyň gatnaşygy meýdanlaryň gatnaşygyna ýa-da absolýut temperaturalaryň gatnaşygyna deňdir:

$q_k / q_0 = (a-5-6-b \text{ çyzyk bilen çäklenen meýdan}) / (a-1-4-b \text{ çyzyk bilen çäklenen meýdan}) = T_k / T_0$.

Utgaşdyrylan aýlaw boýunça işleýän maşynlar jaýlary sowatmak we ýylatmak üçin ulanylýar.