

9 - MA'RUZA. TERMODINAMIKANING IKKINCHI QONUNINING MOHIYATI

REJA:

1. *Asosiy tushinchalar.*
2. *Termodinamika 2-qonunining umumiy formulirovkasi*
3. *Entropiya*
4. *Termodinamika ikkinchi qonunining matematik ifodasi.*

1. Asosiy tushinchalar

Termodinamikaning birinchi qonuni biror protsess amalga oshishi tufayli jism ichki energiyasining o'zgarishi, bajarilgan ish va issiqlik miqdori orasidagi miqdoriy bog'lanishni aniqlaydi. Lekin protsess sodir bo'lishi yoki bo'lmasligi va qaysi yo'nalishda sodir bo'lishi haqida aniq ko'rsatma bermaydi.

Termodinamikaning ikkinchi qonuni juda ko'p tajribalarning umumlashtirish mahsuli sifatida vujudga kelgan bo'lib, tabiatda sodir bo'ladigan protsesslarning amalga oshishi mumkin bo'lgan yo'nalishini aniqlaydi.

Kundalik kuzatish va tajribalar issiqlikni o'z-o'zidan faqat issiqroq jismdan soviqroq jisimga o'tishi mumkinligini ko'rsatadi. Ish boshqa tur energiyalari kabi oson va to'liq issiqlikga aylanishi mumkin. Bunga tabiat hodisalaridan: ishqalanish, zarba, tormozlanish va boshqa hodisalarni misol keltirishimiz mumkin.

Bunga teskari bo'lgan protsess, yani issiqlikni ishga aylanishi o'z-o'zidan sodir bo'lmaydi. Issiqlik faqat davriy protsess amalga oshiriladigan qurilmalar uch elementdan-isitgich, ishchi jism va sovitkichdan iborat bo'lib, issiq va soviq manbalar orasida temperaturalar farqi bo'lgan paytdagina ishga aylanishi mumkin.

Sadi Karno 1824 yilda bug' mashinasining ishini o'rganib, faqat temperaturalar farqi bo'lgandagina issiqlikdan mexanikaviy ish olish uchun foydalanish mumkinligini aniqladi.

Termodinamikaning ikkinchi qonunini umumiy ko'rinishda quyidagicha ta'riflash mumkin: o'z-o'zidan sodir bo'ladigan har qanday protsess qaytmas protsessdir. To'g'ri va teskari yo'nalishlarda o'tkazilganda sistema dastlabki

holatiga qaytmaydigan protsesslar qaytmas protsess deb ataladi. Ikkinchi qonunning barcha boshqa ta'riflari bu umumiy ta'rifning xususiy hollaridan iborat.

R. Klauzius 1850 yilda termodinamikaning ikkinchi qonunini quyidagicha ta'rifladi: issiqlik kamroq qizigan jismdan ko'proq qizigan jismga tashqi ish sarflamay turib o'z-o'zicha o'ta olmaydi.

V. Tomson 1851 yilda quyidagi ta'rifni taklif etdi: dvigatelga keltirilgan issiqlikning xamasini butunlay ishga aylantirib bo'lmaydi. Bu issiqlikning bir qismi temperaturasi pastrok bo'lgan tashqi jismlarga o'tadi.

M. Plank quyidagi ta'rifni taklif etdi: barcha ishi bironta yukni ko'tarish va issiqlik manbaini sovitishdan iborat bo'lgan davriy ishlaydigan mashina qurib bo'lmaydi: Davriy ishlaydigan mashina deganda uzluksiz ravishda siklik protsessda issiqlikni ishga aylantiruvchi mashinani tushunish kerak.

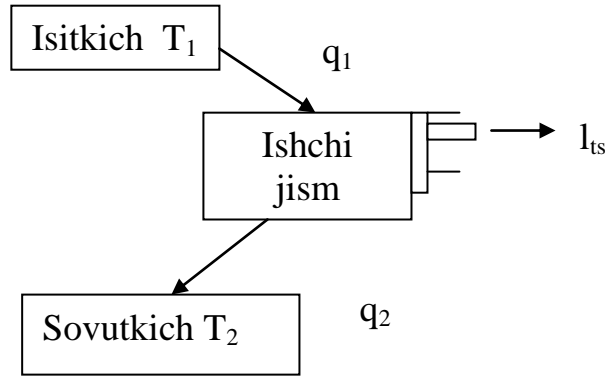
Termodinamikaning ikkinchi qonuni qo'yadigan cheklashlar mavjud bo'lmaganda edi, bu hol loaqal bitta issiqlik manbai bo'lganida ham issiqlik dvigateli qurish mumkinligini bildirar edi. Bunday dvigatel, masalan, okeandagi suvning sovishi hisobiga ishlay olgan bo'lur edi. SHu tarzda ishlaydigan issiqlik mashinasini V.F. Osvald o'rinli qilib ikkinchi tur abadiy dvigatel deb atadi. Issiqlikning davriy takrorlanadigan protsessda bir qismigina mexanikaviy va boshqa turlardagi ishga aylanishi mumkin: uning boshqa qismi mukarrar ravishda soviq manbaga berilishi kerak. Demak ikkinchi tur abadiy dvigatel qurib bo'lmaydi.

2. Termodinamika 2-qonunining umumiy formulirovkasi

Termodinamikaning 1- qonunidan kelib chiqib shuni aytish mumkinki, issiqlik va mexanik energiya dvigatelda o'zaro ekvivalent miqdorlarda almashinadi. Hech qanday energiya sarf qilmay ish bajaradigan dvigatellar 1-turdagi abadiy dvigatellar deyiladi. Termodinamikaning 1-qonuniga asosan bunday dvigatel bo'lishi mumkin emas.

Issiklik va ishning ekvivalentliligiga qaramasdan ularning almashinishi bir xil emas. Tajribalar shuni ko'rsatadiki, mexanik energiya ishga to'liq aylanishi mumkin, ammo issiqlik ishga to'liq aylanmaydi. Bu termodinamikaning 2- qonuni bilan bog'liq. Buni tushuntirish uchun issiqlik dvigatelinig termodinamik sxemasiga murojat qilaylik (rasm 2)

Tajribalar shuni ko'rsatadiki, hamma issiqlik dvigatellari issiqlik manbai, yopiq siklda ishlovchi ishchi jism va sovutkichga ega bo'lishi kerak.

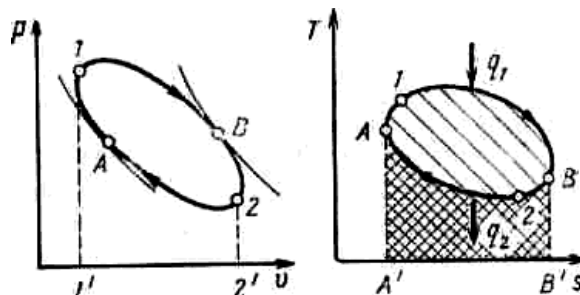


2 rasm. Issiqlik dvigatelining termodinamik sxemasi

Dvigatel quyidagicha ishlaydi. Ishchi jism 1V2 chiziq bo'yicha kengayib 1V221 yuzaga teng ish bajaradi. Issiqlik mashinasida bu jarayon ko'p marta takrorlanishi kerak. Buning uchun ishchi jismni yana dastlabki holatiga qaytarish kerak.

Agar ishchi jismni 2V1 chiziq bo'yicha dastlabki holatiga qaytarsak siklni ishi nolga teng bo'lib qoladi. Dvigatel mexanik energiya ishlab chiqarishi uchun kengayish ishi qisish ishidan katta bo'lishi kerak.

Shuning uchun 2A1 qisish chizig'i kengayish chizig'idan pastda yotishi kerak (3 rasm).



3 rasm. p-v va T-s diagrammalardagi aylanma sikl

Siklga termodinamikaning 1 - qonunini qo'llaylik.

$$\oint \partial q = \oint du + \oint \partial l$$

\oint - 1V2A1 yopiq kontur bo'yicha integrallashni bildiradi. Ishchi jism dastlabki holatiga qaytgani uchun uning ichki energiyasi ham yana dastlabki holatiga qaytadi. SHuning uchun $\oint du = 0$. U holda $q_{ts} = l_{ts}$ Bu yerda $q_{ts} = \oint \partial q = q_1 - q_2$ ishga aylangan issiqlikdir. Issiqlikning termik f.i.k. deb siklning bajargan l_{ts} ishini shu ishni bajarish uchun siklga keltirilgan q_1 issiqlikka nisbatiga aytiladi.

$$\eta_y = \frac{l_y}{q_1} = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = 1 - \frac{q_2}{q_1} < 1.$$

Termik f.i.k. issiqlik dvigatelining mukammallik darajasini ko'rsatadi.

Sovutkichsiz ishlay oladigan dvigatel, ya'ni isitkichdan olingan issiqlikni to'la ishga aylantira oladigan dvigatelga 2-tur abadiy dvigatellar deyiladi.

Termodinamikaning 2-qonunidan ko'rinadiki, 2-tur abadiy dvigatellar bo'lishi mumkin emas.

1. Termodinamikaning II qonuni issiqlik oqimining yo'nalishini va shart-sharoitlarni ko'rsatadi.

3. Entropiya

$$ds = \frac{\delta q}{T} = \frac{c_v dT + p dv}{T} = c_v \frac{dT}{T} + R \frac{dv}{v} \quad (9.1)$$

nisbat gaz holati o'zgarishi barqaror (muvozanatda) bo'lganda holat funksiyasining to'la differentsialidir. U entropiya deb atalib 1 kg gaz uchun s deb belgilanadi va j/ kg K da o'lchanadi. Demak entropiya analitik usulda quyidagicha topiladi.

$$ds = \delta q / T$$

Boshka holat funksiyalari kabi entropiyani ham 2 ta ixtiyoriy parametr orqali ifodalash mumkin.

$$S = \xi_1(P, V); \quad S = \xi_2(P, T); \quad S = \xi_3(V, T);$$

BERILGAN HOLAT UCHUN ENTROPIYA QIYMATI INTEGRALLASH ORQALI QUYIDAGICHA TOPILADI:

$$s = \int \frac{\partial q}{T} + s_0 \quad \text{bu yerda } s_0 \text{ - integrallash konstantasi}$$

Texnik termodinamikada entropiyani absolyut qiymati emas, balki odatda biror bir jarayondagi o'zgarishi o'rganiladi.

$$\Delta s = s_2 - s_1 = \int_2^1 \frac{\partial q}{T}$$

ideal gaz uchun entropiya o'zgarishini topaylik. Buning (1) ni 1 va 2 holatlar uchun integrallaymiz.

$$s_2 - s_1 = c_v \ln(T_2/T_1) + R \ln(v_1/v_2) \quad (9.2)$$

1 va 2 holatlar uchun Klapeyron tenglamasidan

$$T_2/T_1 = R_2 V_2 / R_1 V_1 \quad V_2/V_1 = T_2 P_1 / T_1 P_2$$

bu qiymatlarni (2) ga qo'ysak

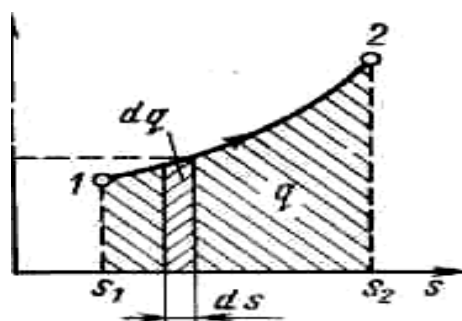
$$S_2 - S_1 = C_p \ln(T_2/T_1) + R \ln(P_2/P_1) \quad (9.3)$$

yoki

$$S_2 - S_1 = C_v \ln(P_2/P_1) + C_p \ln(V_2/V_1) \quad (9.4)$$

hosil bo'ladi.

Entropiya tushunchasi termodinamik hisoblar uchun qulay bo'lgan T-s diagrammani kiritish imkonini beradi. Bunda termodinamik sistema holati nuqta bilan, muvozanatdagi termodinamik jarayon esa chiziq bilan ifodalanadi.



1 rasm. T- s koordinatalarda issiqlikni grafik tasviri

1. tenglamadan

$$dq = T ds \quad (9.5)$$

$$q = \int_1^2 T ds \quad (9.6)$$

Bundan ko'rinib turibdiki. T-S diagrammada jarayonni ifodalovchi chiziq, chekka ordinatalar va abtsissa o'qi bilan chegaralangan yuza jarayonda berilgan yoki olingan q issiqlikni beradi.

(5) tenglamadan yana shuni aytish mumkinki, jism qiziganda [$dq > 0$] uning entropiyasi ortadi ($ds > 0$) sovuganda esa ($dq < 0$) uning entropiyasi kamayadi ($ds < 0$)

4. Termodinamika ikkinchi qonunining matematik ifodasi

Qaytar Karno sikli uchun:

$$\eta_t = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad \text{ëku} \quad \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

Jismdan olinayotgan issiqlik miqdori Q_2 manfiy va

$$\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = 0 \quad \text{ëku} \quad \sum \frac{Q}{T} = 0 \quad (9.7)$$

Ishchi jism olgan yoki bergan issiqlik miqdorining mazkur protsess amalga oshadigan absolyut temperaturaga nisbati issiqlikning keltirilgan miqdori deb ataladi.

Qaytar Karno sikli uchun issiqlikning keltirilgan miqdori algebraik yig'indisi nolga teng.

Ushbu xulosa har qanday qaytar sikl uchun ham o'rinlidir. Agar ixtiyoriy qaytar sikl cheksiz ko'p elementar Karno siklidan iborat bo'lsa, har bir elementar Karno sikli uchun:

$$\sum \frac{dQ}{T} = 0 \quad (9.8)$$

U holda butun ixtiyoriy sikl uchun:

$$\oint \frac{dQ}{T} = 0 \quad (9.9)$$

bu yerda - \oint berk kontur bo'yicha integrallash belgisi.

Demak, har qanday ixtiyoriy qaytar sikl uchun issiqlikning keltirilgan miqdori algebraik yig'indisi nolga teng. (9.5) ifoda 1854 yilda R. Klauzius tomonidan keltirib chiqarilgan bo'lib, Klauzius integrali deyiladi. 2-bobdan ma'lumki:

$$\frac{dQ}{T} = dS \quad \text{va} \quad \oint dS = 0 \quad \text{ëku} \quad dQ = T dS \quad (9.10)$$

(9.6) ifoda qaytar protsesslar uchun termodinamika ikkinchi qonunining matematik ifodasi hisoblanadi.

qaytmas Karno sikli uchun:

$$\sum \frac{Q}{T} < 0 \quad (9.11)$$

Ixtiyoriy qaytmas sikl uchun issiqlikning keltirilgan miqdori algebraik yig'indisi noldan kichik:

$$\oint \frac{dQ}{T} < 0 \quad (9.12)$$

Ushbu ifoda Klauzius ikkinchi integrali deyiladi.

Siklni amalga oshiruvchi ishchi jism uchun

$$\oint dS = 0 \quad \text{va} \quad \oint \frac{dQ}{T} < \oint dS = 0 \quad (9.13)$$

Bunga ko'ra: $\frac{dQ}{T} < dS \quad \text{ëku} \quad dQ < T dS \quad (9.14)$

(9.10) ifoda qaytmas protsesslar uchun termodinamika ikkinchi qonunining matematik ifodasi hisoblanadi.

(9.6) va (9.10) ifodalarni umumlashtirib, termodinamikaning ikkinchi qonunini analitik ravishda quyidagicha ifodalash mumkin:

$$dS \geq \frac{dQ}{T} \quad (9.15)$$

Bu ifodadagi tenglik belgisi qaytar, tengsizlik belgisi qaytmas protsesslar uchun o'rinli.

(9.11) ifodaga ko'ra entropiyaning o'zgarishi temperaturaga teskari proporsional, ma'lumki ishchi jism temperaturasi qancha yuqori bo'lsa issiqlik dvigatellarida shunchalik ko'p issiqlik ishga aylanishi mumkin. Demak entropiya temperatura orqali ishga aylanishi mumkin bo'lgan issiqlik miqdorini xarakterlaydi.

Tabiiy protsesslar, ya'ni o'z-o'zidan sodir bo'ladigan har qanday protsess qaytmas protsess va entropiyaning o'sishi bilan boradi.

O'z-o'zidan sodir bo'ladigan protsesslar izolyatsiyalangan sistemada bu sistema entropiyasi maksimumga yetganiga qadar davom etadi.

Muvozanat holatga erishgandan so'ng o'z-o'zidan sodir bo'ladigan protsesslar to'xtaydi va sistema muvozanat holatda bo'ladi.

$dS \geq 0$ munosabatga asosan, entropiya ortadigan protsesslarga amalga oshishi mumkin. Demak, $dS \geq 0$ munosabat protsessning amalga oshishi mumkin bo'lgan yo'nalishini ko'rsatadi. Bu esa termodinamika ikkinchi bosh qonunining mazmunidir. SHu sababli izolatsiyalangan sistemadagi tabiiy protsesslar entropiyasi ortadigan yo'nalishda amalga oshadi, deb ta'riflanadigan entropiyaning ortish qonunini termodinamikaning ikkinchi qonuni deb ataladi. Entropiyaning ortib borishi qaytmas protsesslarda izolatsiyalangan sistemaning ish bajarish qobiliyatini kamayshiga olib keladi.

Bir xil sharoitda porshen bilan dvigatel tsilindri devorlari orasida ishqalanish qanchalik kam bo'lsa, olingan ish shunchalik katta bo'ladi. Lekin ishqalanish tipik qaytmas protsessdan iborat.

Nazorat savollari:

1. Termodinamika ikkinchi qonunining mazmuni.
2. Termodinamika ikkinchi qonunining asosiy ta'riflari.
3. Termodinamika ikkinchi qonunining tenglamasi.
4. Ikkinchi tur abadiy dvigatel.

5. Sikllar.
6. Issiqlik mashinasi sikli.
7. Sovitish mashinasi sikli.
8. Tabiiy protsesslarda entropiyani o'zgarishi.

Tayanch iboralar

Termodinamika ikkinchi qonuni, R.Klauzius ta'rifi, V.Tomson ta'rifi, M.Plank ta'rifi, aylanma termodinamik proses, sikl, termik f.i.k., sovitish koeffitsienti, Karno sikli, abadiy dvigatel, issiqlik dvigateli, sovitish mashinasi.

Adabiyotlar

1. Нашокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача М., 1980. 96-120 б.
2. Лариков Н.Н. Теплотехника. М.,1986 й. 49- 61 б.
3. Асраев Р.А., Эфендиев А.М., Сафаров Р.Т. Иссиқлик техникаси. Бухоро 2001 й. 45-54 б.