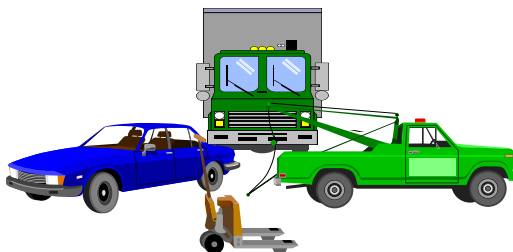


**Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта  
махсус таълим вазирлиги**

**Наманган муҳандислик – педагогика  
институти**

**Ғ.Ўришев, Х.Атаханов, А.Бобоматов**



**Иссиқлик техникаси**

**Муаммоли маърузалар матни**

**Наманган - 2003 й.**

Ушбу муамоли маърузалар матни В521400 "Транспорт воситаларидан фойдаланиш" таълими йўналиши бўйича бакалавр тайёрлаш Давлат стандарти ва наъмунавий дастур асосида тузилган.

Муаммоли маърузалар матнида иссиқлик техникаси ва динамикаси асослари, реал ва идеал газларнинг ҳолат тенгламалари, иссиқлик куч қурилмаларнинг цикллари, иссиқликни бериш, узатиш ва унинг тарқалиш қонунлари баён қилинган.

Муаллифлар: доц. Ғ.Ўришев, к.ўқ. Х.Атаханов, к.ўқ. А.Бобоматов

Тақризчи: доц. А. Полвонов.

Муаммоли маърузалар матни "Транспорт" факультетининг «Автомобиллар, тракторлар ва ўқитиш методикаси» кафедрасида муҳокама қилинган ва чоп этишга тавсия этилган (мажлис баёни № ....., 2007 йил).

Муаммоли маъруза матни НамМПИнинг ўқув - методик кенгашида муҳокама қилинган ва чоп этишга рухсат этилган (мажлис баёни № \_\_ 2007 йил, руйхат № .....

## Сўз боши

Мустақил Ўзбекистон Республикасининг равнақи, кўп жиҳатдан олий ва ўрта махсус билим юртлари етиштириб берадиган мутахассисларнинг билими ва савияси билан чамбарчас боғлиқ. Чунки бу кадрлар ёш авлодни ўқитишдан тортиб то турли технологик жараёнларни бошқаришгача бўлган мураккаб ва маъсулиятли вазифаларни бажарадилар.

Республикадаги энергетик манбалардан тўғри фойдаланиш, қурилмаларнинг самарадорлигини ошириш, атроф-муҳитни экологик жиҳатидан ҳимоялаш масалаларини фан ва техника ютуқлари асосида ўрганиш ўқитувчи ва муҳандислар зиммасига юкланади.

Энергетик манбалар асосини ўрганишда термодинамика фани ва унинг амалий қисми бўлган иссиқлик техникаси асосий ўринни эгаллайди.

Фанни вазифаси - талабаларга иссиқлик қурилмаларини, уларни ишлашини ва иссиқлик техникасининг асосий қонунларини ўргатишдан иборат.

Фанни мақсади - иссиқлик техникасида рўй бераётган жараёнларни ҳисоблаш бўйича талабларда назарий кўникма ҳосил қилишдан иборатдир.

Фаннинг роли - ёқилги энергетик ресурслардан самарали фойдаланиш, атроф муҳитни муҳофаза қилиш муоммоларини ечишда ва чиқимсиз технологияни яратишда катта аҳамиятга эгадир.

Иссиқлик техникаси икки қисмдан иборат бўлиб, биринчи қисмда техник термодинамика асослари, иккинчи қисмда иссиқликни узатиш усуллари ёритилган.

Термодинамика қонунларини билиш, иссиқлик машиналарини ҳаётга тўғри тадбиқ қилиш ва ишлатиш ҳамда янгиларини яратиш билан боғлиқ бўлган масалаларни ҳал этишда муҳим амалий аҳамиятга эгадир.

## **1. Маъруза. Кириш. Асосий тушунчалар ва термодинамиканинг дастлабки ҳолати**

### **Режа**

1. Асосий тушунчалар.
2. Термодинамиканинг дастлабки ҳолати.
3. Иссиқлик динамикаси системаси.

Ҳозирги пайтда иссиқлик қурилмалари халқ хужалигининг ҳар ҳил тармоқларида кенг тарқалган. Уларнинг ишлаши билан танишиш ва теплотехниканинг асосий қонунларини билиш техник бакалаврлар учун мажбурийдир.

Иссиқлик техникаси фани-умумтехника фани бўлиб, иссиқликни олиш усулини, уни бошқа энергияга айлантириш, узатиш ва ундан фойдаланиш, бундан ташқари иссиқлик ва буғ генераторларини, иссиқлик машинасини, аппаратларини ва қурилмаларини ишлаш принципини ва конструктив хусусиятларини ўрганади.

Иссиқликдан фойдаланиш иккита принципиал йуналишга бўлинади: 1) энергетик ва 2) технологик йўналишга. Иссиқлик энергетик йуналишда фойдаланилганда уни механик ишга айлантирилади. Технологик йуналишда қўлланилганда ҳар ҳил жисмларни хусусиятларини ўзгартириш учун хизмат қилади.

Масалан, жисмни иссиқлик ҳолатини ўзгартириш, уларни эритиш, қотириш, таркибини, механик, химик, физик хусусиятларини ўзгартириш мумкин.

Иссиқлик техникаси фанида энергияни ва иссиқлик хусусиятларини ўзгартириш қонунларини ўрганадиган бўлим техник термодинамика дейилади. Иссиқликни тарқалиш жараёнларини ўрганиладиган бўлим эса иссиқлик алмашиш назарияси дейилади.

Иссиқликдан оқилона фойдаланиш усулларини ўрнатиш, иссиқлик қурилмаларини ишлаш жараёнларини иқтисодий таҳлил қилиш, бу жараёнларни онгли равишда бир-бирига қўшиш ва янги такомиллашган иссиқлик агрегатларини яратиш учун иссиқлик техникаси асослари назариясини чуқур ўрганиш керак бўлади.

Иссиқлик техникаси ва унинг назарий асосларини ривожлантиришда рус муҳандислари ва кашфиётчилари, олимларининг эгаллаган ўрни каттадир. Масалан, XVIII асрда М. В. Ломоносов модданинг молекуляр-кинетик назарияси асосларини яратиб, иссиқлик ва механик энергия орасида ўзаро боғлиқлик борлигини, яъни энергияни сақланиш ва ўзгариш қонунини яратди.

Д. И. Менделеев иссиқлик сиғими назарияси бўйича ишлар олиб бориб, биринчи бўлиб ер остида ёкилгини газлаштириш муаммосини илмий асослаб берди ва ҳар бир модда учун критик ҳарорат борлигини ўрнатди ва бундан юқорида газни ҳар қандай босимда ҳам суюқликга айлантириш мумкин эмаслигини асослади.

К. Э. Циолковский, К. В. Кирш, А.А. Радунг, В.И. Гриневецкий ва бошқалар XIX ва XX асрнинг бошларида бир қатор иссиқлик агрегатларини (масалан, қозонлар, иссиқлик двигетели, ракеталар ва бошқаларни) лойиҳалаш илмий асосларини яратди. Аммо Россия саноатининг ривожланиши хорижий капиталга боғлиқлиги туфайли кўп таклифлар ва кашфиётлар амалга ошмай қолиб кетди.

Россияда ва МДХ давлатларида энергетиканинг ривожланиши асосан Октябрь революциясидан кейинги йилларга тўғри келади.

Ҳозирги пайтда МДХнинг энергия билан қуролланганлик даражаси жаҳонда биринчи, Европада эса иккинчи ўринни эгаллайди.

Кейинги пайтларда замонавий физиканинг ривожланиши атом энергиясидан фойдаланиш имкониятларини очиб берди. Жаҳонда биринчи бўлиб 5000 квт қувватга эга бўлган атом электр станцияси 1954 йили, илгарги собиқ Иттифоқ даврида қурилган. Ҳозирги пайтда уларнинг сони дунёда бирнечадир.

Энергетиканинг бундай ривожланишида техник термодинамика ва иссиқлик алмашиш назарияси асосларини билиш катта аҳамиятга эгадир ва бу назарияларни билмасдан бирор муаммони ҳал қилиш амри маҳолдир.

### **Асосий тушунчалар ва иссиқлик динамикасининг дастлабки ҳолати**

#### **1.2.1. Термодинамиканинг предмети ва услуби**

Иссиқлик динамикаси макроскопик системаларда бўладиган ва иссиқлик чиқиши билан кечадиган ҳар хил физик-химик жараёнлардаги энергияни ўзгариш қонунларини ўрганади.

Иссиқлик динамикаси кўрилатган тадқиқот масалаларига боғлиқ ҳолда, техник ёки химик иссиқлик динамикасини, биологик системаларнинг иссиқлик динамикасини ва шунга ухшашларни кўриб чиқади.

Химик иссиқлик динамикаси рамкасида модданинг физик-химик ўзгариши ўрганилади, реакцияларнинг иссиқлик самараси аниқланади, системанинг химик мувозанатлиги ҳисобланади.

Техник иссиқлик динамикаси иссиқлик ва механик энергияни ўзаро алмашиш қонуниятларини ўрганади, ҳамда иссиқлик техникаси фанини назарий пойдевори ҳисобланади. Бунинг асосида иссиқлик двигателлари (буғ ва газ трубиналари), реактив ва ракета дви-гателлари, ички ёнув двигателлари, технологик жихозлар (компрессорлар, қуриткичларлар, совутиш қурилмалари ва бошқалар) ҳисобланади ва лойиҳаланади.

Макроскопик системаларнинг физик хусусиятлари статистик ва термодинамик услублар билан ўрганилади. Статистик услуб эҳтимолилик назариясини қўлланишга ва бу системаларни маълум моддаларини қурилишига асосланган бўлиб, статистик физикани мазмунини ўзига тасавур этади.

Термодинамик услуб модда таркибини модел қурилишини талаб қилмайди ва ходисани бир бутун кўради.

### **Иссиқлик динамикаси системаси**

Иссиқлик динамикаси системаси материал жисмларнинг тўпламини бир-бири билан механик ва иссиқлик ҳамда атроф системадаги ситашқи жинслар билан ўзаро таъсирда булишини тасаввур этади. Системага кирмаган жисмни ташқи муҳит деб аталади.

Системани ташқи муҳитдан назорат юза ажратиб туради. Масалан, оддий система, поршен остидаги юпка цилиндрдаги газни олайлик. Ташқи муҳит бу атрофдаги ҳаво, назорат юзаси эса бу цилиндр девори ва поршендир.

Термодинамик системанинг ўзаро механик ва иссиқлик таъсири назорат юза орқали амалга ошади. Системани ўзига ёки устидан механик таъсир қилинганда иш рўй беради. Электрик, магнит кучлари таъсир қилса иш бажарилади.

Система очиқ ва ёпиқ бўлиши мумкин. Агар модда системадан ўтса очиқ, ўтмаса ёпиқ дейилади.

Термодинамик система ташқи муҳит билан иссиқлик алмашмаса, бундай системани иссиқликдан ҳимоя қилинган ёки адиабатик система дейилади. Масалан бунга идишда тўрган газни идишининг девори иссиқликни ҳимоя қиладиган материал билан копланиши мисол бўла олади.

Ташқи муҳит билан энергия, модда алмашмайдиган системани ёпиқ ёки ҳимоя қилинган система дейилади.

Техник термодинамикада ўзаро иссиқлик ва ишга айланадиган системалар ўрганилади. Одатда улар газлар ва буғлардир, буғларни ишчи таналар (жинслар) деб аталади.

**Иссиқлик техникасини ривожлантиришга хисса қўшган қандай ўзбек олимларини биласиз?**

## **2. Маъруза. Идеал ва реал газлар**

### **Режа**

1. Газларнинг кинетик назариясини асосий тенгламаси
2. Идеал газ ҳолатининг термик тенгламаси
3. Реал газ ҳолатининг термик тенгламаси

Идеал газ деб шундай фазавий газга айтиладики, унинг молекулалари нуқтавий бўлиб орасидаги тортишиш кучи нолга тенг бўлади. Маълумки, табиатда бундай газлар учрамайди.

Табиатда газлар (шу жумладан буғлар ҳам) маълум ҳажмга эга, улар ўзаро тортишиш кучи билан боғлангандир

Идеал газ қонунларини реал газ билан боғлиқ бўлган техник масалада қўлланилса натижа юқори физик аниқликда бўлмай, етарли техник аниқликда бўлади

*Газлар кинетик назариясининг асосий тенгламаси*

XIX аср ўртиларида М. В. Ломоносов асос солган газларнинг молекуляр кинетик назариясига асосан, идишдаги идеал газ молекулалари ҳажм бўйича тенг тарқалган, улар узлуксиз иссиқлик ҳаракатида бўлади. Молекуляр ўзаро тўқнашади, ҳамда идиш деворига урилади.

Молекулярнинг идиш деворига урилиш натижасида газ тўрган идишнинг ҳар бир тамонига нормал ва микдор жиҳатидан бир ҳил бўлган босим ҳосил бўлади.

Юқорида айтилган назарияга асосан идеал газнинг идиш деворига бўлган босими қуйидагига тенг:

$$P = \frac{n \cdot m \cdot \omega^2}{3} \quad (1)$$

бу ерда:  $n$  – ҳажм бирлигидаги молекуляр сони, яъни  $n = \frac{N}{V}$ ;

$V$  – маълум массадаги газнинг ҳажми;

$N$  - шу ҳажмдаги молекулалар сони;

$m$  – 1 та молекуланинг массаси;

$\omega$  – молекулалар илгариланма ҳаракатининг ўртача квадратик тезлиги.

$$\omega = \sqrt{\frac{\omega_1^2 + \omega_2^2 + \dots + \omega_n^2}{n}} \quad (2)$$

Тенглама (1) ни сурати ва махражини 2 га купайтириб ёзсак қуйидаги кўринишга келади:

$$P = \frac{2}{3} n \frac{m\omega^2}{2} \quad (3)$$

Физика курсидан маълумки (3) тенгликдаги  $\frac{m\omega^2}{2}$  ифода 1 та молекуланинг ўртача кинетик энергиясини ифодалайди.

Идеал газларнинг кинетик назариясига кўра молекуланинг кинетик энергияси билан газ ҳарорати орасида маълум боғланиш мавжуд

$$\frac{m\omega^2}{2} = \beta \cdot T, \quad (4)$$

бу ерда  $\beta$  - пропорционаллик коэффиенти бўлиб, сон жиҳатидан газ ҳарорати бир градусга ўзгарганда молекулалар кинетик энергиясининг ўзгаришига тенгдир.

Агар (3) тенгликдаги ифодаларнинг ўз кийматларини қўйсак, қуйидаги ифода келиб чиқади.

$$P = \frac{2}{3} \frac{N}{V} \cdot \beta \cdot T \quad (5)$$

$$PV = \frac{2}{3} N \cdot \beta \cdot T \quad (5^a)$$

(5) ёки (5<sup>a</sup>) тенгликлар газлар молекуляр кинетик назариясининг техник термодинамикадаги ифодасидир.

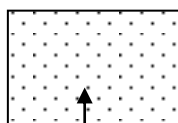
### Идеал газ ҳолатининг термик тенгламаси

Агар идишга (1-рasm) идеал газ тўлдирилган деб фараз қилиб, уни қиздирсак газнинг ҳолати ўзгаради. Идишдаги идеал газ учун (5<sup>a</sup>) тенгликни дастлабки (иситилмаган) ҳолати ва иситилгандан кейинги ҳолати учун ёзамиз:

$$P_1 V_1 = \frac{2}{3} N \beta T_1$$

ва

$$P_2 V_2 = \frac{2}{3} N \beta T_2$$



1- рasm

бу ерда  $P_1, V_1, T_1$  - газнинг дастлабки ҳолатидаги ўлчамлари (босими, ҳажми ва температураси);

$P_2, V_2, T_2$  - газнинг иситилгандан кейинги ўлчамлари.

Юқоридаги тенгламани бир бирига бўлсак қуйидаги ифода ҳосил бўлади.

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{P_2 \cdot V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Бу пропорциянинг хадлари ўрнини алмаштириб ихтиёрий миқдордаги идеал газ учун ёзиш мумкин

$$\frac{PV}{T} = \text{const}, \quad (6)$$

$\frac{PV}{T}$  - ифода газ учун ўзгармас миқдордир. Бу ўзгармас миқдор доимийси деб юритилади ва R билан белгиланади, яъни:

$$\frac{P\vartheta}{T} = R \quad \text{ёки} \quad P\vartheta = RT. \quad (7)$$

Бу ифода идеал газ ҳолатининг термик тенгламаси, ёки соддароқ ҳолда, 1 кг идеал газ учун ҳолат тенгламаси дейилади. Бу тенглама 1 кг ҳар қандай ҳолатдаги идеал газ учун ҳарорат, босим ва ҳажми орасидаги боғланишни ифодалайди. Баъзи ҳолатларда (7) тенгликни Клайперон тенгламаси деб ҳам аталади.

(7) тенгликни газ массасига (m) купайтириб ихтиёрий масса учун ҳолат тенгламасини оламиз

$$P\vartheta = M R T. \quad (8)$$

$P$  н/м<sup>2</sup>;  $T$  келвинда;  $V$  м<sup>3</sup>да;  $M$  кг да улчанади.

$R \left[ \frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right]$  - газ доимийсининг физик маъноси - 1 кг газни 1 градусга иситилганда унинг кенгайишидаги бажарган ишига тенг.

Клайперон тенгламасига универсал шакл бериш мумкин, бунинг учун газ доимийсини бир киломол газ учун келтириш керак, яъни  $M = \mu$  қўйиш керак.  $\mu$  - газнинг молекуляр массаси.

(8) ифодадаги  $M$  ни ўрнига  $\mu$  ни,  $V$  ни ўрнига  $V_\mu$  ни қўйсак  $PV_\mu = \mu \cdot R \cdot T$  бир мол учун ҳолат тенгламасини оламиз.

бу ерда  $V_\mu$  - киломол газ ҳажми,  $\mu \cdot R$  - универсал газ доимийси.

Авагадро қонунига биноан бир мол ҳажм бир ҳил шароитда ҳамма идеал газлар учун бир ҳилдир, нормал физик шароитда  $V_\mu = 22,4$  м<sup>3</sup>/к мол га тенг шунинг учун

$$\mu \cdot R = \frac{PV_\mu}{T} = \frac{101325 \cdot 22,4}{273,15} = 8314 \text{ Дж}/(\text{кмоль} \cdot \text{К})$$

Бир килограм газ учун газ доимийси

$$R = \frac{8314}{\mu}.$$

R нинг қиймати водород учун 4124,3, кислород учун 259,8 Дж/кг·К тенг.

#### *Реал газ ҳолатининг тенгламаси*

Идеал газ учун мулжалланган Клайперон тенгламасини реал газларга қўлланилганда анча ноаниқликлар келиб чиқади. Баъзи газлар оддий атмосфера шароитидаёқ идеал газ тенгламасидан 2-3 % га фарк кидиши мумкин. Юқори босимда, ҳароратда реал газ билан идеал газ орасидаги тафовўт сезиларли даражада ортиб боради. Жаҳон олимлари томонидан реал газ ҳолатини характерловчи жуда куп (150 дан ортик) тенгламалар таклиф қилинган. Лекин тенгламалар етарли аниқликга ва умумийликка эга эмас.

Реал газ ҳолатини нисбатан яхшироқ характерловчи тенглама 1873 йилда голланд физиги Ван-дер Ваальс томонидан таклиф қилинган.

$$\left( P + \frac{a}{\vartheta^2} \right) \cdot (\vartheta - \epsilon) = RT$$

Ван-дер Ваальс тенгламаси идеал газ тенгламаси ( $P\vartheta = RT$ ) дан иккита тўзатмаси билан фарк қилади:

$\frac{a}{\vartheta^2}$  - молекулаларнинг ўзаро тортишиш кучини ва «в» - молекулаларнинг эгаллаган ҳажмини ҳисобга олинганлиги билан.

Бу ерда "а" ва "в" коэффициентларини Ван-дер-Ваальс фақат газнинг турига боғлиқ, ўлчамларига боғлиқ эмас деб тушунтиради.

Кейинги пайтларда юқори босим билан ишловчи иссиқлик машиналарининг тез ривожланиши сабабли Ван-дер-Ваальс тенгламаси етарли аниқлик бермай колди. Шунинг учун собиқ Иттифоқ олимлари М. П. Вукалович ва И. Н. Новиковлар юқоридаги тенгламани янада ривожлантириб ва унга аниқлик киритиб 1946 йилда ўз тенгламаларини таклиф қилдилар:

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT \left[ 1 - \frac{A_1 T}{V - b} - \frac{A_2 T}{(V - b)^2} \right]$$

бу ерда:  $A_1(T)$  ва  $A_2(T)$  - ҳароратининг маълум функциялари.

Бу тенглама сув буғлари учун олинган тенглама бўлиб, ҳолат тенгламасини аниқ ифодалайди.

**Идеал ва реал газ қонунларини вакуумдаги газ учун қўллаш мумкинми?**

### 3. Маъруза. Термодинамиканинг биринчи қонуни

Режа

1. Асосий тушунчалар
2. Газнинг ички энергияси.
3. Газнинг ташқи иши.
4. Газ энтальпияси.

Агар **термодинамик системанинг ҳамма нукталарида ташқи муҳит билан бир ҳил босим ва бир ҳил ҳарорат, вақтга боғлиқ бўлмаган ҳолда сакланса (масалан, хонага олиб кирилган бирон очик идишдаги суюқлик бир неча соатдан кейин) бундай термодинамик система тенг салмокли ҳолатда дейилади.** Яъни, системада вақт давомида ички ва ташқи алмашилиш содир бўлмайди.

**Ишчи жисм** (газ, суюқлик) тенг салмокли ҳолатда сакланиши учун ташқи муҳитнинг ҳолати ўзгармаслиги керак. Агар хонанинг ҳарорати ўзгарса хонадаги идишдаги ишчи жисмнинг ҳам ҳарорати аста-секин ўзгариб боради, яъни вақт давомида ишчи жисмнинг ҳарорати ўзгаради, яъни унинг ҳажми тенг салмокли ҳолатдан чиқади.

Агар идишдаги ишчи жисм хонада тураверса бир неча вақтдан сунг у янги тенг салмокли ҳолатига келади. Шу **янги тенг салмокли ҳолатига келиши учун сарфланадиган вақт системасининг релакция вақти дейилади.**

Газнинг бирор ўлчами (P,V,T) ўзгариши билан бошқа ўлчамлари ҳам ўзгаради. Агар газ сиқилса унинг босими ва ҳарорати ортади. Натижада газнинг янги термодинамик ҳолати вужудга келади. **Газнинг бир термодинамик ҳолатдан иккинчи термодинамик ҳолатга ўтиши, яъни газ ҳолати ўзгаришининг кетма-кетлиги термодинамик жараён дейилади.**

Агар, термодинамик жараёнда газ кетма-кет тенг салмокли ҳолатни эгаллаб борса, бу жараён тенг салмокли дейилади. Вақтнинг хар бир пайтида жараён тенг салмокли ҳолатидан бироз фарк қилса, бундай жараёнлар, квазистатик жараён - тенг салмокли ҳолатига якин дейилади. Бундай жараёнда газнинг айрим нукталарида босим ва ҳарорат бир-биридан жуда оз фарк қилади. **Квазистатик жараёнларни ҳам амалда учратиш қийин. Шунинг учун уларни идеал жараёнлар дейиш мумкин.**

Мавжуд реал термодинамик жараёнларда сиқиш, кенгайиш, газнинг исиши ва совиши каби ҳолатлар жуда тез бўлади. Натижада газ хажининг хар ҳил нукталарида P, T, V хар ҳил кимматга эга бўлади, яъни бундай жараёнларда тенг салмокли ҳолат бўлмайди. Шунинг учун уларни **тенг салмокли бўлмаган жараёнлар** дейилади.

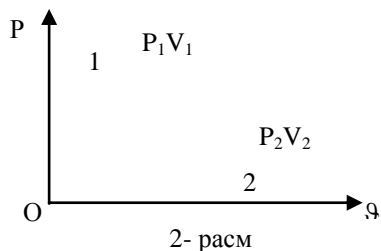
Расмда ифодаланган цилиндрдаги газ тенг салмокли ҳолатда бўлмайди. Газнинг А ва В зонадаги босими P, T, температураси ва зичлиги ρ сезиларли фарк қилади. Бу жараён тенг салмокли бўлмаган реал жараёндир.

Газ ҳолатининг ўзгариш жараёнларини уч улчовли фазовий координаталар систе -

масида ифодалаш мумкин. Лекин фазовий координата анча қийинчиликларга олиб келади. Шунинг учун термодинамик жараёнларни график билан ифодалашда текисликдаги координаталар системасидан, яъни босим билан ҳажми ўзаро боғловчи координаталардан фойдаланилади. Бундай



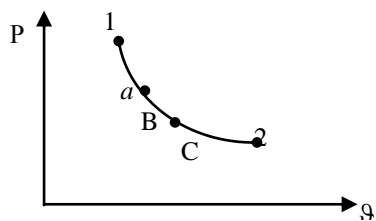
система-"PV" диаграмма деб аталади. Масалан, 2 - расмда ифодаланган 1-2 эгри чизик ишчи жисмнинг бошлангич (1 нукта) ҳолатидан, кейинги (2 нукта) ҳолатига ўзгаришини ифодалайди. Бундан куришиб турибдики, жараён-кенгайиш жараёни бўлиб, босим  $P_1$  дан  $P_2$  гача камайади, ҳажм эса  $V_1$  дан  $V_2$  гача ортади.



2- расм

Кайтувчан ва кайтмас термодинамик жараёнлар. Термодинамик тугри ва тескари йуналишда бажарилиши мумкин. Шунинг учун улар тугри жараён ёки тескари жараён деб юритилади.

PV диаграммасида ихтиёрий термодинамик жараёнини ифодалаймиз (3 расм). Жараён биринчи ҳолатдан иккинчи ҳолатига



3- расм

томон бораётган бўлса, кенгайиш жараёни (тугри жараён) бўлади. Яъни ишчи жисм тенг салмоқли a, b, c каби катор ҳолатларни эгаллаб секин кенгайади ва газ ҳолати ўлчамларининг қиймати бир-бирига чексиз яқин деб фараз қилинади.

Агар, энди жараёнларни тескари олиб борсак, ишчи жисм чексиз секин сиқилиб, кетма-кет тенг салмоқли ҳолатларни 2, ... c, b, a, 1 нукталарни ифодалаб жараёнларни бажаради ва дастлабки ҳолатини эгаллайди. Шундай қилиб термодинамик система тугри ва тескари жараёнларни бажаргандан сунг, у тўла дастлабки ҳолатига кайтади. Бундай термодинамик жараёнлар кайтмас жараёнлар деб юритилади.

Табиатдаги барча жараёнлар кайтмас жараёнлардир, чунки ҳеч қандай реал жараён юқорида айтиб ўтилган шартларни бажара олмайди. Шунинг учун кайтувчи жараёнларни идеал жараёнлар дейиш мумкин. Реал жараёнлар идеал жараёнларга оз ёки купрок яқинлашиши мумкин, лекин ҳеч қачон айнан ўзи бўлолмайди.

Теплотехник ҳисоблашларда идеал жараёнлар ўрганилади ва қўлланилади. Натижаларга маълум коэффицентлар киритилиб реал жараёнларга айлантирилади.

### Газнинг ички энергияси

Идеал газларда ички энергия қуйидагилардан ташқил топади:

- а) молекулаларнинг илгариланма ҳаракатининг кинетик энергиясидан;
- б) молекула айланма ҳаракатининг кинетик энергиясидан;
- в) атомлар айланма ҳаракатининг кинетик энергиясидан;
- г) атомлар тебранма ҳаракатининг кинетик энергиясидан.

Реал газларда юқоридагилардан ташқари малекулаларнинг ўзаро таъсири натижасида содир бўладиган потенциал энергия ҳам ҳисобга олинади.

Юқорида санаб ўтилган энергияларнинг йигиндиси газнинг ички энергияси дейилади ва "U" харф билан белгиланади.

$$U=U_k+U_n$$

Газ ҳолатини ўлчамлари P, V, ва T орқали боғланганлиги учун ички энергияни ихтиёрий иккинчи ўлчамнинг функцияси сифатида курсатиш мумкин яъни:

$$U=f_1(T, V), U=f_2(P, T), U=f_3(P, V).$$

Ички энергия газ ҳолатини ифодаловчи катталиқдир. Идеал газларда молекулалар орасидаги ўзаро тортишув кучи бўлмаганлиги учун ҳажм ва босимнинг ўзгариши ички энергия миқдорига таъсир қилмайди. Шунинг учун идеал газларда ички энергия фақат ҳароратнинг  $U=f(T)$  функциясидир.

Термодинамик жараёни ўрганишда, ҳисоблашда ички энергиянинг абсолют қиймати эмас, унинг ўзгариш миқдори зарур бўлади. Ички энергия  $V = \text{const}$  бўлган жараёнда энг куп ўзгаради. Чунки бунда, ҳажм ўзгармаслиги учун ташқи иш бажарилмайди ва берилган иссиқлик миқдори фақат газнинг ички энергиясини ортиришга олиб келади.

1 кг газга берилган иссиқлик миқдори

$$q = C_v (T_2 - T_1)$$

У ҳолда ички энергиянинг ўзгариши

$$\Delta U = U_2 - U_1 = C_v (T_2 - T_1) \text{ га тенг бўлади.}$$

бу ерда  $T_1, T_2$  - дастлабки ва охириги ҳолатдаги ҳарорат;

$U_1, U_2$  - дастлабки ва охириги ҳолатдаги энергия;

$C_v$  - газнинг ҳажми бўйича иссиқлик сизими, ж/м.<sup>3</sup>к.

#### *Газнинг ташқи иши*

$\vartheta = \text{const}$  бўлган жараёда газ ташқи иш бажармайди, яъни газга берилган энергияни ҳаммаси ички энергияни ортиришга сарф бўлади.

Бундан хулоса шуки, бошқа термодинамик жараёнларда газга берилган иссиқлик миқдори ички энергияни ортирибгина қолмай, ташқи иш бажаришга ҳам сарф бўлади.

Маълумки, иш бажарилиши учун энг камида 2 та жисм: энергия қабул қилувчи ва энергия берувчи мавжуд бўлиши керак. Иш - энергия ўзатилишининг бир шакли бўлиб, ишнинг миқдори берилаётган энергиянинг улчови ҳисобланади.

Агар (4-расмга қараган) ҳаракатчан поршенли цилиндрдаги 1 кг газга чексиз кичик миқдордаги  $dq$  иссиқликни берсак, газ кенгайиб, поршен  $ds$  масофа йул юради ва  $dl$  ташқи иш бажаради. Бу иш кучнинг поршен юрган йулига қупайтмаси билан ифодаланади:

$$dl = P \cdot F \cdot ds$$

бу ерда  $P$  - газнинг босими, н/м<sup>2</sup>;

$F$  - поршеннинг кундаланг кесими юзаси, м<sup>2</sup>.

Маълумки, ҳажмнинг энг кичик ортирмаси  $d\vartheta = F \cdot ds$  бўлгани учун

$$dl = Pd\vartheta \text{ бўлади.}$$

У ҳолда газнинг  $V_1$  ҳажмдан  $V_2$  ҳажмга кенгайишида бажарилган иш қуйидагига тенг бўлади:

$$l = \int_{V_1}^{V_2} P dv$$

$P\vartheta$  диаграммадаги юза  $S_{1,2-3,4-1}$  маълум масштабда бажарилган ишни ифодалайди.

Кенгайишдаги ишни мусбат, сиқиш жараёндаги ишни эса, манфий деб қабул қилинган.

#### *Термодинамика биринчи қонунининг моҳияти ва унинг математик ифодаси*

Маълумки, иссиқликнинг ишга айланиши, энергиянинг сақланиши ва айланиш қонунининг хусусий ҳолидир.

Маълум  $Q$  миқдордаги иссиқликнинг йуқолиши, тўла аниқ миқдордаги механик иш  $l$  ни келтириб чиқаради, ва аксинча. Иссиқлик ва иш орасидаги мана шу ўзаро боғланиш термодинамика биринчи қонунининг моҳиятини ташқил этади.

Биринчи қонунга асосан сарфланган энергияга нисбатан купрок энергия берадиган двигатель яратиш мумкин эмас.

Кўзгалувчан поршенли цилиндрга солинган 1 кг газга, маълум миқдордаги  $q$  иссиқликни берсак, унинг ҳарорати ортади, яъни газ қизийди. Молекулаларининг ҳаракати тезлашади. Молекулаларнинг айланма ва илгариланма ҳаракатининг кинетик энергияси, ҳамда молекула ички тебраниш энергияси ҳам ортади. Натижада газнинг ички кинетик энергиясини ортишига олиб келади.

Цилиндрдаги поршень кўзгалувчан бўлганлиги учун газ исиши натижасида поршень юқорига кўтарилади (II ҳолатни эгаллайди).

Газ кенгайиши сабабли молекулалар орасидаги ўртича масофа ўзаяди, бу эса молекулалар орасидаги тортиш кучидан келиб чиқадиган ички потенциал энергияни  $\Delta U$  га камайтиради. Шу жараён учун энергия баланси қуйидагича бўлади:

$$q = \Delta U_k + \Delta U_n + l$$

бу ерда  $l$  - поршенни харакатлантириш учун сарфланган иш.

Газнинг ички энергиясини умумий ўзгаришини  $\Delta U$  билан белгилаймиз

$$\Delta U = \Delta U_k + \Delta U_n$$

У ҳолда

$$q = \Delta U + l \quad \text{бўлади.}$$

Бу тенглик термодинамика биринчи қонуннинг математик ифодаси бўлиб, у қўйдагича изоҳланади: Хар қандай термодинамик жараёнда газга берилган иссиқлик, унинг ички энергиясини ортиришга ва ташқи кучни енгилда бажариладиган ишни бажаришига сарф бўлади.

### *Газ энтальпияси*

Кўзгалувчан поршенли цилиндрга 1 кг ишчи жисм тўлдирилган (6-расм). Цилиндр ичидаги газнинг босими "P" муҳит босимидан юқори бўлсин. У ҳолда поршень кўтарилиб кетмаслиги учун бирор юк қўйиш керак бўлади. Унинг огирлиги қўйдагича бўлиш керак

$$G = P \cdot F$$

бу ерда  $F$  - цилиндрнинг кундаланг кесимини юзаси.

Юкни муозанат ҳолатда ушлаб тўрган газни потенциал энергияси қўйдагича бўлади

$$G \cdot g \cdot h = P \cdot F \cdot gh = PV$$

чунки  $V = F \cdot h$

бу ерда  $g$  - тортиш кучининг эркин тушиш тезлиги.

Ушбу мисолимиздаги газнинг тўла энергияси қўйдагича бўлади

$$i = U + PV \quad (1)$$

бу ерда  $PV$  купайтма  $V$  ҳажмидаги газни итариб туришидаги бажарган иши, ёки газ босимининг потенциал энергияси деб юритилади.

Газнинг тўла энергияси  $i$  газнинг энтальпияси деб юритилади.

Энтальпия  $i$  ҳам газ ҳолатини характерловчи катталиқ ҳисобланади.

Газ энтальпиясининг сон қийматини аниқлаймиз. Малумки, ички энергиянинг абсалют қиймати

$$U = C_v (T_2 - T_1) = C_v T \quad \text{тенг.}$$

Газ ҳолати тенгламаси 1 кг газ учун

$$PV = RT$$

Шунинг учун (1) тенгликни қўйдагича ёзиш мумкин

$$i = C_v T + RT = (C_v + R) T = C_p \cdot T$$

бу ерда  $C_p = C_v + R$  - ўзгармас босимдаги газнинг иссиқлик сизими

Демак,

$$i = C_p \cdot T$$

Газ энтальпиясининг сон қиймати, газни абсолют нуль градусдан  $T$  градусга ўзгармас босимда қиздириш учун сарфларнадиган иссиқлик миқдорга тенг.  
Улчов бирлиги

$$i = C_p \frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot T_K = \Sigma \quad i = \left[ \frac{\text{Ж}}{\text{кг}} \right]$$

Физик маъноси шуки 1 кг газда қанча энергия борлигини англатади.

Термодинамик жараён учун газ энтальпиясининг ўзгариш миқдори қуйидаги ифодадан топилади.

$$\Delta i = i_2 - i_1 = C_p T_2 - C_p T_1 = C_p \cdot (T_2 - T_1).$$

Демак энтальпиянинг ўзгариш миқдори ҳам, ички энергия ўзгариши каби, ҳар қандай термодинамик жараён учун бир хил ифода билан аниқланади, яъни

$$\Delta i = C_p (T_2 - T_1).$$

**Термодинамикани биринчи қонунини қайси соҳаларга тадбиқ қилиш мумкин?**

#### 4. Маъруза. Термодинамиканинг иккинчи қонуни

##### Режа

1. Газ энтропияси.
2. Термодинамиканинг иккинчи қонунини умумий шаклланиши.

Юқорида куриб ўтганимиздек  $P$ ,  $V$ ,  $T$ ,  $U$  ва  $i$  газ ҳолатининг ўлчамлари (курсаткичлари) бўлиб ҳисобланади. Лекин иссиқлик миқдори  $q$  ва иш  $l$  газ ҳолати ўлчамлари бўлаолмайди.

Ҳар қандай термодинамик жараёнда катнашадиган иссиқлик миқдорини билиш учун термодинамикада яна бир газ ҳолатининг ўлчами-энтропия тушунчаси киритилган. Энтропия сўзи грекчадан олинган бўлиб ўзгартириш, айлантириш деган маънони англатади. Бу функция энергияни бошқа энергияга ўзгартириш тадқиқотлари учун қўлланилади.

Энтропияни моҳияти билан танишиш учун  $PV$  диаграммада ихтиёрий кайтувчи 1-2 газ ҳолатини ўзгариш жараёнини куриб чиқамиз.

Процесс давомида газнинг ҳарорати ўзгариб туради.

Агар 1 - 2 жараёни чексиз кичик ва бир - бирига чексиз яқин бўлақларга бўлсак-да, ҳар бир бўлақда  $dq$  иссиқлик берилди деб оламиз. Бунда биз чексиз кичик жараён оралигида газнинг ҳарорати деярли ўзгармайди дейишимиз мумкин.

Чексиз кичик жараёнда газга берилган иссиқликни газнинг абсолют ҳароратига "Т" нисбатини келтирилган иссиқлик деб атаймиз ва  $ds$  билан белгилаймиз, яъни  $\frac{dq}{T} = ds$ , (1) ёки бу ифодадан

чексиз кичик жараёнда газга берилган иссиқликни аниқлаш мумкин

$$dq = T \cdot ds \quad (2)$$

Маълумки, газнинг термодинамик ҳарорати "Т" доимо мусбат қийматга эга. Шунинг учун охириги (2) тенглигига қараб қуйидаги фикрни юритиш мумкин. Агар газга иссиқлик берилса иссиқлик миқдорини курсатувчи энтропия ортади ва аксинча, газдан иссиқлик олинса энтропия ҳам камаяди.

Газнинг энтропиясини аниқлаш учун термодинамика 1 - нчи қонунини дифференциал куринишдаги тенгламасини  $T$  га бўламиз

$$\frac{dq}{T} = C_v \frac{dT}{T} + \frac{Pd\vartheta}{T} \quad (3)$$

газ ҳолати тенгламаси  $PV = \nu RT$  ни қуйидаги ҳолга келтирамызда  $\frac{P}{T} = \frac{R}{\vartheta}$  (3) тенгликга қўйамиз

$$\frac{dq}{T} = C_v \frac{dT}{T} + R \frac{Pd\vartheta}{\vartheta} \text{ ёки (1) ни ҳисобга олсак}$$

$$dS = C_v \frac{dT}{T} + R \frac{d\vartheta}{\vartheta} \text{ бўлади.}$$

Бу  $dS$  катталиқ, газнинг ҳар бир ҳолати учун аниқ қийматга эга бўлган газ ҳолатининг маълум функцияси бўлиб, термодинамикада энтропия дейилади.

Демак, энтропия - маълум функция " $S$ " нинг тўла дифференциали бўлиб, у фақат газ ҳолатининг ўлчамларига боғлиқдир. Шунинг учун энтропиянинг ўзи ҳам газ ҳолатининг ўлчами бўлиб ҳисобланади.

Энтропиянинг абсолют қиймати термодинамикада унчалик аҳамиятсиз бўлиб, унинг ўзгариши эса катта аҳамиятга эга. Чунки унинг ўзгариши газга берилган иссиқлик миқдорини тўла ҳарактерлайди. Шунинг учун термодинамикада ишчи жисм энтропиясининг ўзгариши аниқланади

$$\Delta S = S_2 - S_1 = C_v \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} + R \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} \frac{d\vartheta}{\vartheta}$$

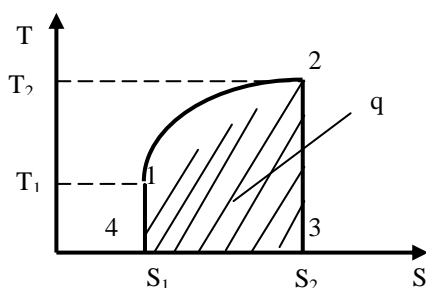
$$\Delta S = C_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1}$$

Энтропия тушунчаси термодинамик ҳисоблар учун жуда қулай бўлган " $TS$ " диаграммасини киритиш имконини беради. Бунда абцисса укига маълум масштабда энтропиянинг " $S$ " қиймати, ордината укига эса термодинамик ҳароратнинг қийматлари қўйилади.

Агар газ 1-ҳолатда 2-ҳолатга ўтишда  $T\vartheta(S)$  эгри чизиги орқали борган бўлса, у ҳолда берилган иссиқлик миқдори

$$dq = T \cdot \overleftarrow{ds} \text{ ва } \overleftarrow{q} = \int_{T_1}^{T_2} T \cdot ds \text{ бўлади.}$$

Демак, бундан қурииб турибдики, " $TS$ " диаграммада



8-расм

жараёни курсатувчи эгри чизик, бошланғич ва охири ҳолатлар орқали ўтган иккала ордината ва абцисса уки билан чегараланган юза 1-2-3- 4-1 маълум масштабда жараёнда катнашган иссиқлик миқдори " $q$ "ни ифодалайди.

Шунинг учун термодинамик жараёнларни бундай координаларда ифодашни " $TS$ " диаграммаси ёки иссиқлик диаграммаси дейилади.

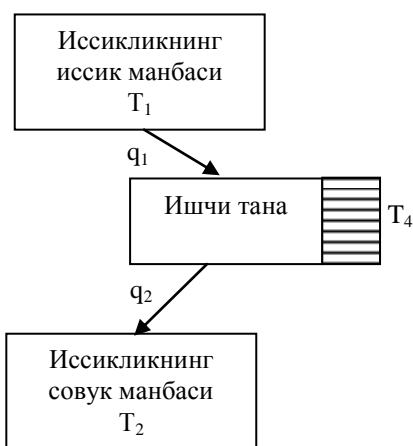
### Термодинамиканинг иккинчи қонуни умумий шаклланиши

Термодинамиканинг биринчи қонундан келиб чиқадиги, дигателларда иссиқлик ва механик энергияни ўзаро алмашилиши (ўзгариши) фақат маълум эквивалент миқдорда амалга ошади. Энергия сарфланмасдан ишни бажариш мумкин бўлган двигателни абадий двигателлар дейилади. Маълумки, бундай двигателлар бўлиши мумкин эмас, ва бу термодинамиканинг биринчи қонунига қарама-қаршидир.

1755 йилда Франция фанлар Академияси бундан кейин бўтунлай абадий двигател тугрисидаги лойиҳаларни қуриб чиқмасликни эълон қилди.

Тажрибалар шуни курсатдики, механик энергияни тўлиқ иссиқлик энергияга айлантириш мумкин, масалан ишқаланиш йули билан. Аммо иссиқликни тўлиқ механик энергиясига айлантириш мумкин эмас. Бу табиатда фундаментал қонун борлиги билан боғлиқдир. Бу қонунни термодинамиканинг иккинчи қонуни дейилади. Бунинг моҳиятини тушунтириш учун иссиқлик двигателининг ишлашига мурожат қиламиз

Тажриба шуни курсатдики, ҳамма иссиқлик двигателлари иссиқлик берувчи иссиқлик манбаларидан (ишчи танадан) ва иссиқликнинг совуқ манбасидан ташқил топади. Амалда мавжуд



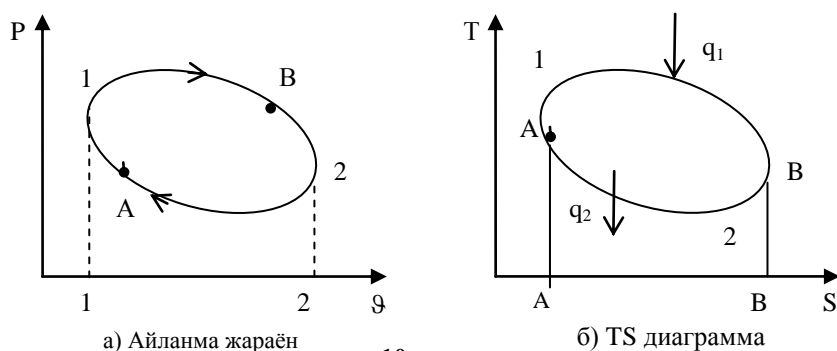
9-расм. Иссиқлик двигателининг термодинамик схемаси

иссиқлик двигателларининг иссиқлик манбалари бўлиб ёқилгини ёниш химик реакцияси хизмат қилади, совук манба бўлиб эса - атроф мухит, яъни атмосфера ҳисобланади.

Ишчи тана бўлиб, юқорида айтылгандек, газ ёки буғ қўлланилади.

Двигателни ишлаши қўйидагича амалга ошади (10-чизма). Ишчи тана 1В2 чизик бўйича кенгайиб майдони 1В22 '1' га тенг бўлган ишни бажаради.

Тухтовсиз таъсир қиладган иссиқлик машиналарида бу жараён куп марталаб кайтарилиши керак. Бунинг учун ишчи танани олдинги ҳолатга келтириб қўйиш кераклигини билиш керак. Бундай ўтиш 2В1 жараёни бўйича амалга оширилиши мумкин.



10-расм

Аммо бунда ишчи тана устидан худуд шундай ишни бажариш керак бўлади. Маълумки, бунинг ҳеч маъноси йүқдир, чунки ишнинг йигиндиси-цикл иши нолга тенг бўлади.

Двигатель тухтовсиз механиқ энергияни ишлаб чиқиши учун, кенгайишдаги иш сиқишдаги ишдан катта бўлиши керак. Шунинг учун сиқиш эгри чизиги 2А1 кенгайиш чизигидан пастда ётиши керак. 2А1 жараёнида сарфланган иш 2А11 '2' майдон билан ифодаланади. Натижада хар бир қилограм ишчи тана цикл давомида  $l_u$  фойдали иш қилади. Бу ишнинг майдони 1В2А1 га эквивалент бўлиб, цикл контури билан чегараланган.

Агар А ва В нукталардан уринма бўлган иккита адиабатик чизик ўтказсак цикл иккита участкага А1В ва В2А га бўлинади. А1В участкада эса  $q_2$  иссиқлик келтирилади (киритилади). В2 А участкада эса  $q_2$  иссиқлик чикарилади. А ва В нукталарда иссиқлик кирмайди ҳам ва чикмайди ҳам, факат иссиқлик оками ишораларини ўзгартиради.

Шундай қилиб, двигателни тухтовсиз ишлаши учун ишчи танага иссиқлик манбасидан  $q_1$  иссиқлик келтирилади, ва ундан совук манбага  $q_2$  иссиқлик чикарилади. "TS" диаграммада  $q_1$  иссиқликга А' А1ВВ' майдон,  $q_2$  га - А'А2ВВ' майдон эквивалентдир.

Цикл давомида двигател тамонидан бажарилган ишни иссиқлик манбаидан циклга киритилган иссиқлик миқдорига нисбати циклдаги фойдали ишнинг термик коэффиценти деб аталади.

$$\eta_t = \frac{l_u}{q_1} = \frac{q_1 - q_2}{q_1}$$

ФИК иссиқлик двигатели циклининг такомиллашганлик даражасини билдиради. ФИК қанча катта бўлса келтириган иссиқлик купрок ишга айланади.

## 5. Маъруза. Карно цикллари

Режа

1. Карнонинг тугри цикли
2. Эквивалентли Карно цикли
3. Умумлаштирилган (регенратив) Карно цикли
4. Карнонинг тескари цикли

Иссиқликни ишга айлантириш учун тухтовсиз ишлайдиган машиналарда иссиқлик манбаи (иссиқлик олиш учун) ва совуқлик манбаи (ишга айланмай қолган иссиқликни олиш учун) бўлиши лозим.

Битта  $T_1$  иссиқлик ва битта  $T_2$  совуқлик манбаи бўлган оддий ҳолни куриб чиқамиз. Бу шароитда қайтувчи циклни яратишнинг бирдан - бир имконияти қуйидагилардан иборатдир. Иссиқликни иссиқлик манбасидан ишчи танага изотермик (яъни ҳароратсини ўзгартирмай) бериш керак. Бошқа ҳамма ҳолларда ишчи тананинг ҳарорати, манба ҳарорати  $T_1$  дан кичик бўлади. яъни улар орасидаги иссиқлик алмашиш тенг салмоқли бўлмайди.

Ишчи танани иссиқлик ҳолатидан совуқ манбанинг  $T_2$  ҳароратигача, бошқа таналарга иссиқлик бермай тенг салмоқли совўтиш учун фақат адиабатик кенгайишда иш содир қилиш йули билан амалга ошириш мумкин. Шундай тасавур билан ишчи танадан иссиқликни совуқ манбага бериш жараёни ҳам изотермик, ишчи танани ҳароратини  $T_1$  дан  $T_2$  гача кўтариш жараёни ҳам адабитик сикиш билан иш бажариш орқали бўлиши керак. Иккита изотермик ва иккита адиабатик циклдан ташқил топган жараён Сади Карно цикли деб номланади. Шу цикл ёрдамида 1824-йил С. Карно иссиқлик энергиясини механик энергияга айлантириш асосий қонунини яратди.

Карно циклини иссиқлик машиналарида амалга оширишни қуйидагича тасавур қилиш мумкин. Ишчи тана (газ) бошлангич ўлчамлари билан "а" нуктада ҳаракатланиб поршень остидаги цилиндрга жойлашган. Бунда цилиндрнинг деворлари ва поршень иссиқликни абсолют ўтказмайди. Аммо иссиқлик цилиндрнинг асоси орқали берилиши мумкин. (11-расмларга қараңг).

### 11. Расм. Карнонинг тугри цикли.

#### *Карнонинг тугри цикли*

Цилиндрни иссиқ иссиқлик манбаи билан тўташтирамиз. Газ  $T_1$  ҳароратида  $\Theta_a$  ҳажмдан  $\Theta_b$  ҳажмгача изотермик кенгайиб иссиқлик манбаидан қуйидаги иссиқликни олади  $q_1 = T_1(S_2 - S_1)$ . «в» нуктага келганда иссиқлик беришни тугатамиз ва цилиндрни иссиқлик изоляторига қуямиз. Бунда ишчи тананинг кейинги кенгайиши адиабатик бўлади. Кенгайишдаги иш бунда фақат ички энергия ҳисобига амалга ошади. Бунинг натижасида газнинг ҳарорати  $T_2$  гача тушади.

Энди танани биринчи ҳолатга келтирамиз. Бунинг учун аввало цилиндр ҳарорати  $T_2$  бўлган совуқ манбага жойлаштирамиз ва ишчи танани изотерма бўйича "cd" гача сикамиз. Бунда  $l_2$  иш бажарилади ва бунда пастки манбага ишчи танадан  $q_2 = T_2(S_2 - S_1)$  иссиқлик чиқарилади. Сунгра цилиндрни яна иссиқлик изоляторига жойлаштирамизда кейинги сикишни адиабатик шароитда ўтказамиз. "da" чизиги бўйича сикишга кетган иш ички энергияни оширишга кетади. Бунинг натижасида газнинг ҳарорати  $T_1$  гача ошади.

Шундай қилиб, цикл давомида ҳар бир килограм газ иссиқлик манбаидан  $q_1$  иссиқликни олади,  $q_2$  иссиқликни совуқ манбага бериб  $L_{ц}$  иш бажаради.

Карно циклининг термик фойдали иш коэффициентини ушбу формула билан аниқланади:

$$\eta_t = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = \frac{T_1(S_2 - S_1) - T_2(S_2 - S_1)}{T_1(S_2 - S_1)} = -1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Бундан шундай хулоса қилиш мумкин. 1) Карно циклининг термик ФИК факат иссик ва совук манбаларнинг абсалют ҳароратига боғлиқ экан.

2) Карно циклининг ФИК  $T_1$  иссиқлик манбанинг ҳарорати ортиши ва  $T_2$  совук манбанинг ҳарорати камайиши билан ортади.

3) Карно циклининг термик ФИК хар доим бирдан кичикдир ва бирга тенг бўлиши мумкин эмас, бўлса ҳам факат ушбу ҳолда  $\frac{T_2}{T_1} = 0$ , яъни  $T_1 \rightarrow \infty$  ёки  $T_2 \rightarrow 0$  бўлганда бўлиши мумкин. Аммо биринчи

ва иккинчи ҳолни ҳам амалга ошириб бўлмайди.

4)  $T_1 = T_2$  тенг бўлса Карно циклининг термик ФИК 0 га тенг бўлади. Бу иссиқликни ишга айлантириш мумкин эмаслигини курсатади.

$T_2 \approx 10^\circ\text{C}$  бўлганда Карно циклининг ФИК хар хил ҳароратида  $T_1$  куйидагича бўлади:

|          |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $T_1$    | 200  | 400  | 600  | 800  | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 |
| $\eta_t$ | 0,40 | 0,58 | 0,68 | 0,74 | 0,78 | 0,81 | 0,83 | 0,85 |

Бу идеал циклнинг ФИК дир. Реал циклнинг ФИК бундан кичик бўлади.

### Эквивалент (тенг аҳамиятли) Карно цикли.

Карно цикли иссиқлик двигателлари назарияси учун катта аҳамиятга эгадир.

Карно циклининг термик ФИК дан курииб турибдики, юқори иссиқлик манбасининг ҳарорати қанчалик катта, пастки совуқлик берувчи манбанинг ҳарорати қанчалик кичик бўлса ФИК шунга катта бўлади. Бу асосий ҳолат иссиқлик двигателларининг хар бир цикли учун тугриkdir. Хар бир ихтиёрий АВСД (12-чизмага каранг) циклда, иссиқликни берилиши ва ўзатилиши ўзгарувчан ҳарорат остида бўлса, эквивалент бўлаги Карно циклини 1234 билан алмаштириш мумкин. Бунда иссиқлик миқдори  $q_1$ ,  $q_2$  ва энтропияни ўзгариши  $S_2 - S_1$  АВСД циклидагига мувофиқ равишда тенгдир. Буни ҳисобга олиб

$$q_1 = q_{\text{ABC}} = T_{1\text{yp}}(S_2 - S_1); \quad (1)$$

$$q_2 = q_{\text{CDA}} = T_{2\text{yp}}(S_2 - S_1); \quad (2)$$

Ихтиёрий циклнинг термик ФИК

12-чизмага

$$\eta_{\text{ABCД}} = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{T_{2\text{yp}}(S_2 - S_1)}{T_{1\text{yp}}(S_2 - S_1)} = 1 - \frac{T_{2\text{yp}}}{T_{1\text{yp}}} \quad (3)$$

бу ерда  $T_{1\text{yp}}$ ,  $T_{2\text{yp}}$ -киритилаётган ва чиқарилаётган ўртича ҳарорат.

Бўларнинг миқдори (1 ва 2 ифодадан) куйидагига тенг.

$$T_{1\text{yp}} = \frac{q_1}{S_2 - S_1}; \quad T_{2\text{yp}} = \frac{q_2}{S_2 - S_1};$$

Ифода 3-дан келиб чиқадики иссиқлик двигателларининг ихтиёрий цикли ФИК орттириш учун киритилаётган ҳароратининг ўртича миқдорини кўтариш, чиқарилаётган ҳароратининг ўртича миқдорини пасайтириш керак. Карно циклининг амалдаги аҳамияти шундан келиб чиқади.

Ихтиёрий циклнинг ФИК ни ортиш чегараси  $T_{\text{max}}$ ,  $T_{\text{min}}$  ҳароратларида бўлади. Бу чегараларда Карно цикли ФИК максимал қийматга эга бўлади.

Бундан келиб чиқадики, хар қандай ихтиёрий циклнинг такомиллашганлигини унинг ФИК билан Карно циклини термик ФИК га солиштириш йули билан айтиб бериш мумкин. Бу Карно циклининг катта илмий аҳамиятга эга эканлигидан далолат беради.

### Умумлаштирилган (регенратив) Карно цикли.



Берилган  $T_1$  ва  $T_2$  ҳарорат чегарасида энг юқори ФИК га фақат Карно циклида эмас, бошқа ҳар қандай циклда, яъни иккита изотермик АВ ва СД циклдан ташқил топган циклда эга бўлиш мумкин. (13-чизмага қаранг)

Бунинг учун ВС жараёнида иссиқлик ишчи танадан (совук) пастки манбага эмас, регенератор орқали (ёрдамида) ишчи танани қиздирилайтган ДА жараёнга берилиши керак. Бу ерда шуни эсда тўтиши керакки, ишчи тана ташқи иссиқлик манбалари билан

13-расм. фақат АВ ва СД участкаларда алоқага эга бўлади. ВС ва ДА эгри чизиклари тенг ораликдадир, шунинг учун СВВ`С` майдон ДАА`Д` майдонга тенг, яъний бу жараёнлардаги ҳарорат бир хилдир, аммо ишораси қарама қаршидир. Демак  $q_1$  ва  $q_2$  иссиқликлар миқдори Карно циклидаги миқдорга тенгдир. Икки циклдаги иссиқликни тенглиги уларни термик ФИКни ҳам тенглигини курсатади

$$\eta_{\text{Гумм}} = \eta_{\text{Карно}} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Регентрация принципи циклларни самарасивлигини ошириш усули сифатида ҳозирги замон иссиқлик куч ва совўтиш қурилмаларида кенг қўлланилмоқда.

#### *Карнонинг тесқари цикли.*

Бу цикл соат стрелқаси йуналишига қарши йуналишда амалга оширилиб, ишчи тана аввало адиабатик 3-4 бўйича  $l_1$  иш сарф қилиб, сунгра изотерма 4-1 бўйича юқори манбага  $q_1$  иссиқлик бериб қисилади.

Бундан кейин ишчи тана 1-2 адиабат бўйича кенгайди ва  $l_2$  иш сарфланади, ҳарорат  $T_1$  дан  $T_2$  гача тушади Сунгра изотерма 2-3 бўйича кенгайди. Бунда пастки манбадан (совук)  $q_2$  иссиқлик олинади.

14-расм

Тесқари цикл амалга оширилганлиги билан иссиқлик совук танадан иссиқ бўлган танага ўтади. Бунинг учун ташқаридан  $l_0$  иши сарфланади. Бу иш майдон 34123 тенг бўлиб,  $l_1$  ва  $l_2$  ишни айирмасига тенг, яъни

$$l_0 = l_1 - l_2$$

Шундай қилиб, ушбу айтиб ўтилган жарён, яъни иссиқликни паст бўлган манбадан иссиқлиги юқори бўлган манбага ўтиши термодинамиканинг иккинчи қонунига қарама-қарши бўлмайди, чунки ҳарорат ўз-ўзидан ўтгани йук. Уни ўтқазиб учун қушимча ишни иссиқликга айлантириш учун жараён олиб борилаяпди.

Тесқари Карно цикл учун совуклик коэффициентини ҳарорат орқали ифодаланиши мумкин.

Тесқари Карно цикл учун совуклик коэффициентини қуйидагига тенг.

$$\varepsilon_{\text{Карно}} = \frac{1}{\frac{q_1}{q_2} - 1} = \frac{1}{\frac{T_1(S_2 - S_1)}{T_2(S_2 - S_1)} - 1} = \frac{1}{\frac{T_1}{T_2} - 1}$$

Бу ифодадан келиб чиқадики, совўтиш қурилмаларини самарадорлигини ошириш ташқи муҳитни  $T_1$  ҳароратини пасайтиришга ва совўтилайтган хона ҳароратини  $T_2$  оширишга боғлиқдир,  $T_1$ - $T_2$  ҳарорат оралигини камайитиришга боғлиқдир.

## 6. Маъруза. Асосий термодинамик жараёнлар

Режа

1. Ёпиқ системалардаги идеал газларда термодинамик жараёнлар.
2. Ўзгармас ҳажмли (изохорик) жараён.
3. Ўзгармас босимли (изохорик) жараён.
4. Ўзгармас ҳароратли жараён (изотермик).
5. Ташқи муҳит билан иссиқлик алмашмайдиган (адиабатик) жараён.
6. Умумий (политрон) жараён.

Термодинамикада катта роль уйновчи ва амалий аҳамиятга эга бўлган асосий термодинамик жараёнлар қуйидагилардир:

- 1) Ўзгармас ҳажмли (изохорик) жараён;
- 2) Ўзгармас босим (изобарик) жараён;
- 3) Ўзгармас ҳароратли (изотермик) жараён;
- 4) Ташқи муҳит билан иссиқлик алмашмайдиган (адиабатик) жараён;
- 5) Ихтиёрий, умумий (политропик) жараён.

Жараёнларни ўрганиш икки йуналишда бориши керак:

1. Ишчи жисм ўлчамларини ўзгариш қонуниятларини аниқлаш;
2. Хар бир жараёнда ишчи жисм ҳолатининг ўлчамларига қараб энергиянинг бошқа турдаги энергияга айланишдаги хусусиятларини ўрганиш.

Юқоридаги талабларни ҳисобга олган ҳолда хар бир термодинамик жараён қуйидаги кетма-кетликда таҳлил қилинади:

1. Термодинамика биринчи қонунининг математик ифодаси ва газ ҳолати тенгламаси асосида термодинамик жараённинг тенгламаси келтириб чиқарилади;
2. Жараённинг тенгламаси бўйича «P-U» ва «T-S» диаграммалари чизилади;
3. Жараёнда газ ҳолати ўлчамлари орасидаги боғланиш аниқланади;
4. Жараёнда ички энергиянинг ўзгариши аниқланади;
5. Жараёнда газнинг бажарган иши ҳисобланади;
6. Жараёни бажариш учун газга бериладиган ёки олинадиган иссиқлик аниқланади;
7. Жараёнда иссиқликни қандай тақсимланиши қараб чиқилади. Бунинг учун газнинг ички энергиясини ўзгартиришига сарф бўладиган иссиқликнинг улуши  $\alpha = \frac{\Delta u}{q}$  ҳисобланади.
8. Жараёнда энтропия ўзгариши ҳисобланади.

*Ўзгармас ҳажмни (изохорик) жараёни.*

Ишчи жисмнинг ҳажми ўзгармасдан бажариладиган термодинамик жараён- изохорик жараёни деб аталади.

Жараённинг тенгламаси  $u = \text{const}$

Жараённинг P $\theta$  (15-расм) ва TS диаграммаси (16-расмда) курсатилган.

15- расм

16-расм

Газнинг дастлабки 1 ва охири ҳолати учун ҳолат тенгламаси.

$$P_1\theta_1 = RT_1 \quad \text{ва} \quad P_2\theta_2 = RT_2$$

Изохорик жараён учун  $\theta_1 = \theta_2 = \text{const}$  эканлигини ҳисобга олсак, охири иккала тенгламани ўзаро бўлсак қуйидагини ҳосил қиламиз:

$\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1}$  яъни, газнинг босими унинг ҳароратига пропорционал равишда ўзгаради.

Ички энергиянинг ўзгариши

$$\Delta u = C_v(T_2 - T_1) \text{ ёки } du = C_v dT$$

Жараёнда бажарилган иш

$l = \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} P du$ , бу ерда  $\vartheta = \text{const}$  бўлгани учун  $d\vartheta = 0$  бўлади. Демак,  $l = 0$ , яъни изохорик жараёнда газ

ташки иш бажармайди. Буни 1-5 расмдан куриш мумкин. Графикда ишни ифодаловчи юза 0 га тенг.

Жараёнда газга берилган иссиқликни (ёки олинган) аниқлаш учун термодинамиканинг 1-чи қонунини тенгламасини ёзамиз  $q = \Delta U + l$ , изохорик жараён учун  $l = 0$ .

У ҳолда  $q = \Delta U = C_v(T_2 - T_1)$ , яъни, изохорик жараёнда газга берилган иссиқликни барчаси газнинг ички энергиясини орттиришга сарф бўлади.

Ички энергиянинг ўзгартиришга сарф бўлган иссиқликнинг миқдори  $\alpha$

$$\alpha = \frac{\Delta u}{q} = \frac{q}{q} = 1$$

Жараёнда энтропиянинг ўзгариши

$$\Delta S = S_2 - S_1 = C_v \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} + R \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} \frac{d\vartheta}{\vartheta};$$

Жараёнда  $\vartheta_1 = \vartheta_2 = \text{const}$  бўлгани учун

$$\Delta s = C_v \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T}$$

Жараён TS диаграммасида иссиқлик бериш билан борадиган 1-2 эгри чизиги билан ифодаланади (2 расм), яъни энтропия ортимаси мусбат.

### 3. Ўзгармас босимли (изохорик) жараён.

Ўзгармас босим ҳолатида бажариладиган ҳар қандай термодинамик жараён- изобарик жараён деб аталади.

Жараённинг тенгламаси  $P = \text{const}$

Жараённинг P $\vartheta$  (17-расм) ва TS диаграммаси (18- расм)

17 - расм

18-Расм

Ўлчамлар орасидаги боғланишни аниқлаш учун газ ҳолат тенгламаси

$$P_1 \vartheta_1 = RT_1 \text{ ва } P_2 \vartheta_2 = RT_2$$

Бу жараёнда  $P_1 = P_2 = \text{const}$ . Тенгликларни ўзаъро бўламиз.

$\frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} = \frac{T_2}{T_1}$ , яъни газ ҳажмининг ортиши унинг термодинамик ҳароратига пропорционал

боғланган.

Ички энергиянинг ўзгариши изохорик жараёндаги каби бўлади, яъни

$$\Delta u = C_v(T_2 - T_1) \text{ ёки } d\vartheta = C_v dT$$

Жараёнда газнинг бажарган иши

$$\ell = \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} P d\vartheta = P \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} d\vartheta = P(\vartheta_2 - \vartheta_1)$$

Бажарилган ишни бошқача ифодалаш мумкин.  $P\vartheta = RT$  ни ҳисобга олсак

$$l = P(\vartheta_2 - \vartheta_1) = P\vartheta_2 - P\vartheta_1 = RT_2 - RT_1 = R(T_2 - T_1)$$

$$l = R(T_2 - T_1)$$

Жараёнда газга берилган иссиқлик миқдори

$$q = \Delta u + l \text{ ёки}$$

$$q = C_v(T_2 - T_1) + R(T_2 - T_1) = (C_v + R)(T_2 - T_1)$$

$C_p - C_v = R$  бўлгани учун  $C_v + R = C_p$  бўлади.

Шунинг учун

$$q = C_p(T_2 - T_1)$$

Изобарик жараёнда иссиқликни ( $q$  ни) энталпияларнинг кимматлари орқали ҳам ифодалаш мумкин:

$$q = \Delta U = l$$

бу ерда  $\Delta u = u_2 - u_1$  ва  $l = P(\vartheta_2 - \vartheta_1)$  бўлгани учун

$$q = u_2 - u_1 + P\vartheta_2 - P\vartheta_1$$

Бир ҳил индексли катталиқларни гуруҳлаймиз.

$$q = (u_2 - P\vartheta_2) - (u_1 - P\vartheta_1)$$

$i = u + p\vartheta$  бўлгани учун

$q = l_2 - i_1$  ифода келиб чиқади.

Демак, изобарик жараёнда газга берилган иссиқлик бошланғич ва охириги ҳолатдаги энталпияларнинг айирмасига тенг.

Бу жараён учун  $\alpha$  нинг қиймати

$$\alpha = \frac{\Delta u}{q} = \frac{C_v(T_2 - T_1)}{C_p(\ell_2 - \ell_1)} = \frac{C_v}{C_p} = \frac{1}{k}$$

Демак, изобарик жараёнда газга берилган иссиқликнинг  $\frac{1}{k}$  хиссаси, ёки бошқача қилиб айтганда,  $100/k$  проценти, газнинг ички энергиясини ортишига сарф бўлади.

Энтропиянинг ўзгариши қуйидагича аниқланади

$$ds = \frac{dq}{T} = C_p \frac{dT}{T}$$

Тенгликни  $T_1$  дан  $T_2$  гача интегралласак

$$s_2 - s_1 = C_p \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} = C_p \ell_n \frac{T_2}{T_1} \text{ ҳосил бўлади.}$$

$$\text{Демак } \Delta s = C_p \ell_n \frac{T_2}{T_1}$$

Бир ҳил ҳароратларда, изохоранинг изобарга нисбатан яқка киялиги каттарок бўлади, яъни изохора чизиги TS диаграммасида тикрок кўтарилиб боради. Бунга сабаб изохорик жараёнда газга берилган, иссиқликнинг барчаси ички энергиянинг орттиришига яъни газ ҳароратини кўтаришга сарфланади.

*Ўзгармас ҳароратли жараён - (изотермик)*

Ишчи жисмнинг ҳарорати ўзгармас ҳолда бажариладиган ҳар қандай термодинамик жараён-изотермик жараён дейилади.

Жараённинг тенгламаси

$$P\vartheta = \text{const}$$

Жараённинг бажарилиш шarti эмас

$$T = \text{Const}$$

Жараённинг P $\vartheta$  диаграммасидаги ифодаси логарифмик эгри чизик, TS диаграммаси эса абцисса укига параллел бўлган чизикдир.

19-рasm

20-рasm

Ўлчамлар орасидаги боғланишни жараённинг тенгламасидан аниқлаш мумкин, яъни

$$P_1\vartheta_1 = P_2\vartheta_2 = const \quad \text{ёки} \quad \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1}$$

Демак, жараёнда ишчи жисмнинг босими, унинг солиштирма ҳажмига тескари пропорционал боғланган.

Газнинг бажарган ташқи иши

$$\ell = \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} Pd\vartheta$$

Ҳолат тенгламасидан  $P = \frac{RT}{\vartheta}$

$$\ell = \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} \frac{RT}{\vartheta} d\vartheta = RT \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} \frac{d\vartheta}{\vartheta} = RT \ln \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1}$$

Чунки RT=Const.

Шундай қилиб

$$\ell = RT \ln \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} \quad \text{ёки} \quad \ell = 2,3RT \lg \frac{\rho_1}{\rho_2}$$

Жараёнда газ ички энергиясини ўзгариши нолга тенг бўлади:  $\Delta u=0$ , чунки  $T_2=T_1=Const$ .

Жараёнда газга берилган иссиқликни миқдори  $\Delta u=0$  бўлгани учун

$$q=l= RT \ln \vartheta_2/\vartheta_1 \quad \text{бўлади.}$$

Бу тенгликдан куришиб турибдики, изотермик жараёнда газга бериладиган иссиқликнинг барчаси иш бажарилишига сарф бўлади. Газнинг ички энергияси бу жараёнда ўзгармайди.

Газни энтропияси  $\Delta T=0$ , яъни  $T=Const$  бўлганлиги учун

$$\Delta S=S_2-S_1= RT \ln \vartheta_2/\vartheta_1 - R \ln P_1/P_2$$

*Ташқи мухит билан иссиқлик алмашмайдиган (адиабатик) жараён.*

Ишчи жисм билан ташқи мухит орасида иссиқлик алмашмайдиган ҳар қандай ҳолат ўзгаришидаги термодинамик жараён-адиабатик жараён дейилади.

Бу жараённи идеал жараён дейиш мумкин, чунки хақиқий жараёнларнинг барчасида ҳам оз ёки куп миқдорда ташқи мухит билан иссиқлик алмашилиш ҳоллари содир бўлади.

Амалда адиабата жараёнига яқин келадиган жараёнлар ўта тез содир бўладиган жараёнлар бўлиб, уларда ишчи жисм ташқи мухит билан иссиқлик алмашилиб улгура олмайди, яъни, жараён қанчалик тез содир бўлса, у шунчалик адиабатага яқинлашади.

Жараённинг шarti

$$dq = 0$$

Термодинамика биринчи қонунининг математик ифодаси дифференциал куринишида;

$$dq=C_vdT+Rd\vartheta \quad \text{ёки} \quad dq=C_pdT-\vartheta dP$$

Иккала тенгликда ҳам  $dc=0$  бўлгани учун

$$C_vdT+Pd\vartheta=0, \quad C_pdT-\vartheta dP=0$$

ёки

$$C_vdT=-Pd\vartheta, \quad C_pdT-\vartheta dP$$

Иккинчи тенгликни биринчи тенгликка бўламиз

$$\frac{C_p}{C_v} = -\frac{P}{\vartheta} \cdot \frac{d\vartheta}{dP}; \quad K = \frac{C_p}{C_v}$$

бўлгани учун  $K = \frac{P}{\vartheta} \cdot \frac{d\vartheta}{dp}$  ёки  $K = \frac{P}{dp} \cdot \frac{d\vartheta}{\vartheta}$ . Бу тенгликдаги унғ томондаги биринчи нисбатни чап тамонга куямиз.

$$K \frac{P}{dp} = \frac{d\vartheta}{\vartheta} \quad \text{ёки} \quad \frac{dP}{P} = -K \frac{d\vartheta}{\vartheta},$$

Охирги тенгликни интеграллаймиз ва қуйидагини ҳосил қиламиз.

$$\int_{P_1}^{P_2} \frac{dP}{P} = -K \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} \frac{d\vartheta}{\vartheta}; \quad \ln \frac{P_2}{P_1} = -K \ln \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1}$$

Тенгликнинг унғ томонидаги коэффициент «K» ни ишорасини ҳисобга олган ҳолда логарифм белгиси остига киритамиз:

$$\ln \frac{P_2}{P_1} = \ln \left( \frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} \right)^K$$

Малумки, агар икки сонининг логарифмлари ўзаро тенг бўлса, уларнинг ўзлари ҳам бир-бирига тенг бўлади.

Шунинг учун

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{\vartheta_1^K}{\vartheta_2^K}$$

бўлади, бу тенгликдан езишимиз мумкин.

$$P\vartheta_1^K = P\vartheta_2^K = \dots = P_n \vartheta_n^K = \text{Const.}$$

Шундай қилиб, адиабатик жараённинг тенгламаси умумий ҳолда қуйидагича бўлади.

$$P\vartheta^K = \text{Const.}$$

Адиабатик жараённинг  $P\vartheta$  диаграммаси гипербола чизиги билан (21-расм),  $TS$  диаграммада эса вертикал чизик билан ифодаланади.

21-расм

22-расм

Жараёнда ўлчамлар орасидаги боғланиш:

а) Босим ва солиштирма ҳажм орасидаги боғланиш

$$\frac{P_1}{P_2} = \left( \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} \right)^K \quad \text{ёки} \quad \frac{v_1}{\vartheta_2} = \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{K}}$$

б) Ҳарорат ва солиштирма ҳажм орасидаги боғланиш

$$\left( \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} \right)^{K-1} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{ёки} \quad \left( \frac{T_1}{T_2} \right)^{\frac{1}{K-1}} = \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1}.$$

в) Ҳарорат билан босим орасидаги боғланиш

$$\left( \frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{K-1}{K}} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{ёки} \quad \frac{P_1}{P_2} = \left( \frac{T_1}{T_2} \right)^{\frac{K}{K-1}}.$$

Ички энергиянинг ўзгариши

$$\Delta U = U_1 - U_2 = C_v(T_2 - T_1)$$

Бажарилган иш

$$dq=0 \text{ бўлгани учун } \ell = \frac{R}{K-1}(T_1 - T_2).$$

Газ ички энергиясини ўзгартиш учун сарфланадиган иссиқликнинг қисми

$$\alpha = \frac{\Delta U}{q} = \frac{dU}{0} = \infty$$

Бу жараёнда энтропия ўзгармайди. Шунинг учун адиабата жараёни, баъзи ҳолларда «изоэнтропия» жараёни ҳам деб аталади.

Тенгликлардаги «К» ни адиабата курсаткичи дейилади. Унинг сони газнинг турига боғлиқ бўлмай, фақат газ молекуласини атом сонига боғлиқ.

*Умумий (политрон) жараёнлар.*

Политрон жараёнлари ҳеч қандай, бажарилиш шартига эга бўлмаган, энг умумий термодинамик жараёндир.

Хақиқий (реал) термодинамик жараёнларда ишчи жисм ҳолати мураккаб шароитда ўзгаради, юқорида қараб чиқилган 4 та содда термодинамик жараёнлар шу мураккаб (реал) жараёнларнинг фақат хусусий ҳоллари бўлади.

Политрон жараённинг тенгламаси

$$P\vartheta^n = \text{Const.}$$

Политрон жараённинг бошқа жараёнларнинг хусусий ҳоли эканлигини исботлаш учун политрон курсаткичи «n» га хусусий қийматларни берамиз, яъни

1) агар  $n \neq 0$  бўлса, у ҳолда

$$P\vartheta^0 = \text{Const} \text{ ёки } P = \text{Const, изобарик;}$$

2)  $n = \infty$

ёки  $\vartheta = \text{Const}$  изохорик

3) Агар  $n = 1$  бўлса,  $P\vartheta = \text{Const}$  изотермик

5) Агар  $n = k$  бўлса,  $P\vartheta^k = \text{Const}$  адиабатик жараён бўлиб, мос равишда олдин қилинган жараёнларни тенгламасига айланади. Бу жараёнда  $n = +\infty, -\infty$  оралигидаги қийматларни ҳам мавжуд бўлиб, жуда кўп жараёндан иборат бўлади.

Политрон жараёнида газ ҳолати ўлчамларини боғла-нишини аниқлаш учун адиабата жараёнидаги каби аниқликланди, фақат «К» ўртича «n» қўйилади.

23-расм

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{\vartheta_2}{\vartheta_1}\right)^n; \quad \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{\vartheta_2}{\vartheta_1}\right)^{n-1}; \quad \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{n-1}{k}}$$

Бажарилган иш ҳам худди шундай

$$l = \frac{R}{n-1}(T_1 - T_2); \quad l = \frac{1}{n-1}(P_1\vartheta_2 - P_2\vartheta_2)$$

$$l = \frac{P_2\vartheta_2}{n-1} \left[ 1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} \right] = \frac{P_2\vartheta_2}{n-1} \left[ 1 - \left(\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2}\right)^{n-1} \right]$$

Политрон жараён газга берилган иссиқлик миқдори

$$q = \Delta u + \ell$$

Ички энергияни ўзгариши ва ишнинг қийматларини формулага қўйсак

$$q = C_v(T_2 - T_1) + \frac{R}{n-1}(T_1 - T_2)$$

Тенгламани иккала томони  $(T_2 - T_1)$  га бўлиб, унг томонини соддалаштириб, қуйидагини ҳосил қиламиз

$$q = c_v \frac{n-k}{n-1} (T_2 - T_1) = C_n (T_2 - T_1)$$

Жараёнда иссиқликнинг газ ички энергиясининг ортишига бўладиган қисми

$$\alpha = \frac{\Delta u}{q} = \frac{C_v (T_2 + T_1)}{C_v \frac{n-k}{n-1} (T_2 + T_1)} = \frac{n-1}{n-k}$$

Изохорик жараён учун

$$\alpha = \frac{n-1}{n-k} = \frac{o-1}{o-k} = \frac{1}{k}$$

Газ энергиясининг ўзгариши

$$\Delta S = C_n \frac{n-k}{n-1} \ln \frac{T_2}{T_1}$$

Идеал газлар билан бажариладиган барча термодинамик жараён хақида қуйидаги хулосаларни чиқариш мумкин;

1. Газга жараёнда иссиқлик берилиши (ёки олиниши) нуқтаи назардан:

- а) Политрон курсаткичи "n" нинг  $n > k$  қийматларида бажариладиган барча жараёнлар газдан иссиқлик олинади, яъни газни совитиб туриш керак бўлади:
- б) Курсаткичнинг қиймати  $n < k$  бўлади жараёнда газга иссиқлик бериш (газни иситиш) орқали бажарилади:
- в) Курсаткич "n" нинг адиабата курсаткичи "k" га тенг бўлган қийматларда бажариладиган жараёнларда газ ташқи муҳитдан ажратилган ҳолда бажарилади, яъни газга иссиқлик берилмайди ҳам, олинмайди ҳам.

2. Жараён ишчи жисм ички энергиясининг ўзгариши нуқтаи назардан:

- А) Политрон курсаткичи  $n > 1$  бўлган жараёнларда газнинг ички энергияси камайиб боради:
- Б) Курсаткичнинг қиймати  $n < 1$  бўлган ҳоллардаги жараёнларда газнинг ички энергияси ортади, яъни жараён давомида газ кириб боради.
- В)  $n < 1$  бўлган (изотермик) жараёнларда эса, газнинг ички энергияси ўзгармайди  $\Delta q = 0$

3. Баъзи умумий хулосалар:

- А) Жараён бошланишида газга берилган иссиқлик, адиабата жараёни ( $n=k$ ) да, ташқи муҳитга берилиб исроф бўлганлиги учун бундай жараёнда энг юқори иш унуми олиш мумкин:
- Б) Иссиқлик двигителларда политрон кенгайиши жараёнларини адиабата жараёнга яқинлаштириш учун интилиш керак:
- В) Поршинли иссиқлик двигителларининг мавжуд конструкторияларини циклларида политрон курсаткичининг қийматлари  $1 < n < k$  оралигида бўлганлиги учун шу ораликдаги политрон пратцесиялари двигител билан шугулланувчи мўтахасислар учун алоҳида аҳамиятга эга.

## 7. Маъруза. Реал газларнинг термодинамик жараёни

Режа

1. Умумий тушунчалар
2. РЭ диаграммада буғ ҳосил бўлиш жараёни.
3. Сув ва буғ ўлчамларини аниқлаш.
4. Су в буғининг асосий термодинамик жараёнлари.

Умумий тушунчалар

Реал газ сифатида сув буғини куриб чиқамиз.

Сув буғи консервация технологиясида банкларни стерилизация қилишда ва техниканинг бошқа соҳаларида кенг қўлланилади. Шунинг учун сув буғларининг термодинамик жараёнларини тадқиқод қилиш катта аҳамиятга эгадир.

Буғлар туйинган ва қизитилган турларга бўлинади.

Туйинган буғлар курук туйинган (курук) ва нам туйинган (нам) турларига бўлинади.

Буғ хусусиятларини тушинтириш учун суюқликни буғга айланиш жараёнини куриб чиқамиз. Бу жараёнини буғ ҳосил бўлиши жараёни деб айтилади. Малумки, суюқлик буғга парланиш ва кайнаш орқали айланиши мумкин. Парланиш деб хар хил ҳарорати суюқлик юзасидан буғ ҳосил бўлишига



айтилади. Буғланиш суюкликнинг табиатига ва унинг ҳароратига боғлиқдир. Агар суюкликни атрофида чекланмаган бушлик бўлса буғланиш тўлиқ бўлиши мумкин.

Суюкликга иссиқлик берилса унинг ҳарорати ортади ва буғланиш интенсувлиги ортади. Маълум бир ҳароратда унинг ҳамма массаси буйлаб буғланиш бошланади. Бунда идиш деворларида ва суюклик ичида буғнинг пуфакчалари ҳосил бўлади. Бу ҳолат суюкликни кайнаши дейилади.

Буғ ҳосил бўлишга тескари бўлган жараёни конденсация деб айтилади (сுவга айланиш). Буғнинг конденсация натижасида суюкликни айлангани конденсант дейилади.

Агар конденсацияланиш тезлиги буғланиш тезлигига тенг бўлиб колса системада динамик муозанат руй беради.

Бунда буғ максимал зичликга эга бўлади ва туйинган дейилади.

Туйинган буғ маъноси остида суюклик билан мувозанат ҳолатда тўрган буғга айтилади. Бу ҳолатдаги кайнаш ҳароратини туйинганлик ҳарорати дейилади ва  $t_n(T_n)$ , билан белгиланади.  $t_n$  га мувофиқ бўлган босим туйинганлиги босими дейилади ва  $P_n$  ёки содда  $P$  билан белгиланади.

Буғ бир томчи суюклик колгунга қадар ҳосил бўлиши мумкин. Бу моментга курук туйинган буғ ҳолати тугри келади. Суюклик тўлиқ буғланиб кетмасдан ҳосил бўлган буғ нам туйинган буғ дейилади. Бу курук буғ билан суюклик томчиларининг аралашмаси ҳисобланади.

Курук буғнинг нам буғдаги огирлик улуши куруклик даражаси дейилади ва "x" билан белгиланади.

Суюкликни нам буғдаги огирлик улиши намлик даражаси дейилади ва «u» билан белгиланади.

Демак,  $u=1-x$ . Куруклик даражаси ва намлик даражаси бирнинг улушларида, ёки % да ифодаланади. Агар  $x=0.95$  бўлса,  $u=1-x=0.05$  бўлади. Бу аралашмада 95% курук буғ ва 5% кайновчи суюклик борлигини билдиради.

Агар буғнинг ҳарорати шу босимдаги туйинган буғнинг ҳароратидан катта бўлса бундай буғни қиздирилган дейилади. қиздирилган буғ ҳарорати билан шу босимдаги туйинган буғ ҳарорати орасидаги фарк қиздирилганлик даражаси дейилади.

қиздирилган буғнинг зичлиги туйинган буғнинг зичлигидан кичикдир. Шунинг учун қиздирилган буғ туйинмаган бўлади. қиздирилган буғ ўзининг физик хусусияти билан газга яқинлашади.

Буғ қозонларида буғ сувдан доимий босим остида ҳосил бўлади, шунинг учун буғ ҳосил бўлиш термодинамик жараёни  $P_{const}$  бўлган ҳолда куриб чиқилади.

*P-θ диаграммада буғ ҳосил бўлиш жараёни.*

Мисол учун цилиндрда бир қилограмм сув бўлсин, уни ҳарорати  $0^{\circ}\text{C}$  бўлсин. Унинг юзасига поршен ёрдамида "P" босим тасир қилсин.  $0^{\circ}\text{C}$  даги сувни солиштирма ҳажмини  $\theta_0'$  билан белгилайлик ( $\theta_0' = 0001 \text{ м}^3/\text{кг}$ ). Сувни амалда сиқилмайдиган суюклик деб олсак унинг зичлиги  $0^{\circ}\text{C}$  да энг катта бўлади. Цилиндрни қиздирилганда ва сувга иссиқлик берилганда унинг ҳарорати ортиб боради, ҳажми кенгайди ва  $t=t_n$  етганда  $P=P_1$  бўлганда сув кайнайди ва буғ ҳосил бўлиш бошланади. Суюкликни ва буғни ҳамма ўзгариш ҳолатини P-θ диаграммада белгилаймиз (24-чизмага қаранг).

#### 24. расм. Сувни P-θ диаграммада буғга айланиш жараёни

$P=const$  бўлганда буғ ҳосил бўлиш жараёни учта кетма-кет ҳосил бўладиган физик жараёнлардан ташқил топади.

- 1) Суюкликни туйиниш ҳароратига  $t$  иситиш;
- 2)  $t_n = Const$  бўлганда буғ ҳосил бўлиш;

3) буғни ҳароратини ошириш билан содир бўладиган, буғни қиздириш.

$P = P_1$  бўлганда  $P\theta$  диаграммада жараён  $aa'$ ,  $a'a''$  ва  $d'd$  киркимларга тугри келади.

$a'$  ва  $a''$  нукталари орасидаги интервалда ҳарорат доимий бўлиб ва  $t_n$  га тенг, буғ нам бўлади,  $a'$  нуктага яқин жойда куруклик даражаси кам бўлади ( $x_{a'} = 0$ ).  $a''$  нуктада  $x = 1$  га тенг бўлади.

Агар буғ ҳосил бўлиш каттарок босим остида ўтса (яъни  $P_2 > P_1$ ),  $U$  ҳолда сув ҳажми  $\theta_o^1$  амалий жиҳатдан олдингисидек қолади.  $\theta'$  ҳажм, кайновчи сувга тугри келувчи ҳажм бироз ортади ( $\theta'_b > \theta'_a$ ), чунки  $t_{n2} > t_{n1}$ , ҳажм  $\theta''_b < \theta''_a$  бўлади, чунки ю=ори босимда ва ҳароратда ҳосил бўлиш жараёни интенсив кечади. Демак, босим ортиши билан ҳажмлар фарқи  $\theta' > \theta'_o$  ( $\theta'$  в кесимлар) ортади,  $\theta'' - \theta'$  ҳажм фарқи камаяди. ( $\theta''$  в кесимлар). Бунга ухшаш жараёнлар яна катта босимларда ҳам бўлади.

Босим  $P$  ва ҳарорат  $t_n$  орасидаги боғлиқлик курук буғ ва кайновчи сув ҳолатини аниқлайди.

$a$ -в-с чизиги сувнинг солиштирма ҳажмини  $0^\circ\text{C}$  да босимга боғлиқлигини ифодалайди.  $U$  укига паралелдир, чунки суюқлик сиқилмайди.

$a'$ -в'-с' кайнаётган сувнинг солиштирма огирлигини босимга боғлиқлигини ифодалайди. Бу чизик пастга чегарвий эгри чизик дейилади.  $P\theta$  диаграммада бу чизик сув қисмини туйинган буғ қисмдан ажратиб туради.

$a''$ -в''-с'' чизиги курук буғнинг солиштирма огирлигини босимга боғлиқлигини ифодалайди ва юқори чегароловчи эгри чизик дейилади. Бу чизик туйинган буғ чегарасини қизиган буғ чегарасидан ажратиб туради. Чегароловчи чизикларнинг тўқнашган нуктаси критик нукта дейилади ва "К" харфи билан белгиланади.

Бу нуктада суюқлик ва буғ орасидаги фарк бўлмайди. Бу нуктада кайнаётган сув бир зумда буғга айланади, чунки буғ ҳосил бўлиш участкаси йук.

Жисмларнинг бу ҳолатдаги ўлчами критик ўлчамлар деб аталади. Мисол сув учун  $P_k = 22,1145$  Мпа,  $T_k = 647,231\text{K}$  ва  $\theta = 0,003145$  м<sup>3</sup>/кг.

Критик ҳароратда туйинган буғнинг максимал ҳароратси ҳисобланади. Бу ҳароратдан юқорида қизиган буғ ва газлар бўлади. Биринчи бўлиб критик ҳарорат тугрисида 1860 йили Д. И. Менделеев тушунча берган. Унинг тушунчаси бўйича бу ҳароратдан юқорида қандай босим бўлса ҳам газли суюқликга айлантириш мумкин эмас.

*Сув ва буғ ўлчамларини аниқлаш.*

Кайнаган сув ва курук туйинган буғларнинг термодинамик ўлчамлари жадваллардан аниқланади. Изобарик жараён учун суюқликка келтирилган иссиқлик ушбуға тенг.

$$q \text{ қ } h_2 - h_1$$

$h_1$  ва  $h_2$  – биринчи ва иккинчи ҳолатнинг энталпияси.

Бу муносабатли  $a' a''$  жараёнга қўлланиб ушбуни оламиз

$$q = r = h'' - h'$$

$r$  - миқдор сув ҳосил қилиш ҳарорати дейилади ва бир кг сувни курук туйинган буғга айлантириш учун кетган иссиқлик миқдорини аниқлайди.

Энтропиянинг ўзгариши бу ҳосил бўлиш жараёнида куйидагига тенг.

$$S'' - S' = \frac{r}{T_s}$$

Нам туйинган буғ солиштирма ҳажми ушбу ифодадан

$$\theta_x = x\theta'' + (1-x)\theta' = \theta'' + x(\theta' - \theta'')$$

Энтропияси

$$S_x = S' + xz/T_s;$$

Энталпияси

$$h_x = h' - x_z \text{ топилади.}$$

Жадвалдан туппа тугри нам буғ ўлчамларини олиш мумкин эмас.

Уларни юқорида келтирилган формулалар билан аниқланади.

*Сув буғининг T-S диаграммаси.*

Жадвалдан ташқари сув буғини хар хил процесларини тадқиқот қилиш учун T,S диаграммаси ишлатилади. У сув буғини

Жадвалдан олинган рақамлари билан T,S координатасини қўйиб курилади.

Сувнинг ҳолати уч томонлама нуктада ( $S_0=0, T_0=273,16K$ ) диаграммада  $A'$  нукта билан белгиланади. Диаграммада ҳар хил ҳарорат учун  $S'$  ва  $S''$  миқдорларини кўйиб, пастки ва юқориги чегаравий эгри чизикларни оламиз.

$T, S$  диаграммасидаги эгри чизик остидаги майдон ишчи жисмга келтирилган ёки чиқарилган иссиқликни билдиради.

Ушбу диаграмма бўйича циклни ФИК аниқлаш мумкин.

## 25. расм. Сув бугининг, $S$ диаграммаси

Сув бугининг  $h, S$  диаграммаси

Агар ишчи жисмнинг ҳолатини аниқлаш учун боғлиқ бўлмаган энтропия " $S$ " ва энталпия " $h$ " кабул қилинган бўлса, у ҳолда ҳар бир ҳолатни  $h, S$  диаграммада нукта билан ифодалаш мумкин. Бу диаграмма ҳам сув бугининг сонли маълумотларини жадвалдан олиб курилади.

Координата боши қилиб уч томонлама нукта ( $S_0 = 0, h = 0$ )  $A'$  олинади.

Бу диаграммадан  $p, \vartheta, t, h, s, x$  ни аниқлаш мумкин. Бу ерда ҳарорат миқдори ( $p = \text{const}$  бўлганда) кесимларда ифодаланади, майдон билан эмас.

Шунинг учун  $h, S$  диаграмма ҳисоблашларда кенг қўлланилади.

### *Сув бугининг асосий термодинамик жараёнлари*

Буғ куч курилмаларини ишини таҳлил қилиш учун изохорик, изотермик, изобарик ва одиобатик жараёнларнинг аҳамияти каттадир.

Бу жараёнларни ҳисоблаш жадваллардан, ёки  $h, s$  диаграммадан фойдаланиб бажарилиши мумкин. Биринчи усул аниқроқ, иккинчи усул содда ва кўзга куринадигандир.

$h, s$  диаграмма бўйича умумий ҳисоблаш усули куйидагича.

Аниқ ўлчамлар бўйича ишчи таянчнинг бошлангич ҳолатлари кўйилади, сунгра жараёнларнинг линияси ўтказилади ва унинг охириги ҳолатдаги ўлчамлари аниқланади. Бундан кейин ички энергияни ўзгариши, иссиқлик миқдори ва иш аниқланади.

### **Изохорик жараён**

Диаграммадан куришиб турибдики, (26-расм) бир хил ҳажмда қизиқиш билан буғни курук туйинган ва қизирилган буғга айлантириш мумкин, (1-2) чизик. Совўтиш билан конденсациялаш мумкин, аммо охиригача эмас, чунки паст ҳароратда ҳам суяклик тепасида ҳар доим туйинган сув буғи бўлади.

билдиради.

Ички энергияни ўзгариши

$$\Delta U = U_2 - U_1 = (h_2 - P_2 \vartheta_2) - (h_1 - P_1 \vartheta_1)$$

Ташқи иш  $i=0$ , шунинг учун келтирилган иссиқлик ички энергияни орттиришга сарф бўлади.

$$q = u_2 - u_1,$$

### **Изобарик жараён**

Нам туйинган буғга иссиқлик берилса, унинг куруклик даражаси ортади ва доимий ҳароратда курук буғга ўтади, яна ҳароратини кўтарилса қизиган буғ ҳолатига

ўтади. Ҳарорат пасайтирилса нам буғ  $T_s = \text{const}$  конденсациялашади. (27. Расм).

Жараёнда катнашган иссиқлик энтальпияни фаркига тенг  $q = h_2 - h_1$

27-расм. Сув буғининг изобарик жараёни.

Жараённинг иши ушбу формула билан аниқланади.

$$l = p (\vartheta_2 - \vartheta_1)$$

Изотермик жараён

28. Расм. Сув буғининг изотермик жараёни.

29. Расм. Сув буғининг адиабатик жараёни.

Сув буғининг ички энергияси  $T = \text{const}$  бўлганда доимий бўлмади, чунки унинг потенциал ташқил қилувчиси ўзгаради.

У шу формула билан  $\Delta u = u_2 - u_1 = (h_2 - p_2 \vartheta_2) - (h_1 - p_1 \vartheta_1)$  аниқланади.

Иссиқлик миқдори

$$q = T (S_2 - S_1)$$

Ташқи иш

$$l = q - \Delta u \quad \text{га тенг.}$$

Адиабатик жараён. Адиабатик кенгайишда буғ босими ва ҳарорати камади; ва қизиган буғ аввало курук ва кейин нам бўлади.

Бу жараёндаги иш

$$l = - \Delta u = u_1 - u_2 = (h_1 - p_1 \vartheta_1) - (h_2 - p_2 \vartheta_2).$$

## 8. Маърўза. Иссиқлик куч қурилмаларининг цикллари

Режа

1. Ички ёнув поршенли двигателларнинг цикллари.
2. Газ трубинали қурилма цикллари

Иссиқлик куч қурилмалари иссиқликдан фойдали иш ишлаб чиқиш учун мулжалланган. Иссиқлик манбаси бўлиб, маълум ёниш  $Q$  иссиқлиги билан характерланувчи ёқилиги ҳисобланади. Максимал фойдали ишни  $L_{\text{макс}}$ , ихтиёрий химиявий реакцияни амалга ошириб олиш мумкин (шу жумладан ёқилгини ёниш реакциясини). Бунда максимал иш Гибс-Гельмгольца ифодаси билан аниқланади

$$L_{\text{макс}} \approx Q + T dl_{\text{макс}} / dT$$

Бу иш  $dl_{\text{макс}} / dT$  ифодасига караб  $Q$  ёниш иссиқлигидан кичик ёки катта бўлиши мумкин. Ҳисоблар шуни курсатадики  $L_{\text{макс}} \approx Q$  га тенг, яъни органиқ ёқилгининг энергияси (ёқилгини ишлаш

кобиляти) тахминан унинг ёниш иссиқлигига тенг. Бу назарий жиҳатдан ҳамма реакция иссиқлик самарасини тўлик ишга айлантириш мумкинлигини курсатади.

Иссиқлик куч қурималарида ёнилгининг энергияси аввало уни ёкиш орқали иссиқлик энергиясига айлантирилади, олинган иссиқликни механиқ энергия ишлаб чиқиш учун фойдаланилади. Ёниш қайтмас жараён бўлиб, у ёқилгини ишлаш кобилятини йуқолиши билан боғлиқдир. Замоनावий буғ қозонларида, ёниш ҳароратси назарий жиҳатдан 2000°C ва ундан ортиқни ташқил қилса, ёнишда ёқилгини ишлаш кобилятини йуқолиши 20 ÷ 30 % ташқил қилади.

### *Ички ёнар поршенли двигателларнинг цикллари*

Ёнишда ёқилгини ишлаш кобилятини йуқолишига йул қўймаслик учун ишчи тана сифатида ёнишда ҳосил бўлган газлардан фойдаланиш мақсадга мувоффиқдир. Буни амалга ошириш ички ёнув двигателларида эришилган, яъни ёқилгини ёпиши тугридан-тугри унинг цилиндрларида бажарилади.

Ички ёнув двигателларнинг цикллари ишчи танани цилиндрда адиабатик сиқиш 1-2 изохорик 2-3 ёки изобарик 2-7 иссиқлик келтириш, адиабатик кенгайиш 3-4 ёки 7-4 ва изохорик иссиқлик чиқаришдан иборат 4-1 (30. Расм).

а б

30- расм.

### ИЁД цикллари

Реал двигателларда иссиқликни киритиш ёқилгини ёндириш билан амалга оширилади. Агар ёқилги-ҳаво аралашмаси олдиндан тайёрланган ва цилиндрда жуда тез ёнса, иссиқлик киритиш изохорикга яқин бўлади. Агар цилиндрда фақат ҳаво сиқилса ва кейин ёқилги пурқалса, у ҳолда ёқилги беришни шундай созлаш мумкинки, босим ёниш жараёнида тахминан бир ҳил қолсин. Буни шартли равишда изобарик иссиқлик бериш дейиш мумкин.

Двигетель цилиндрини жуда ўзун, поршенни юришини жуда катта қилмаслик учун ИЁДда ёнган махсулотни кенгайишини атмосфера босими  $P_1$  гача эмас, юқорирок босимгача  $P_4$  амалга оширилади, сунгра чиқарувчи клапин очилади ва иссиқ ёнган махсулот  $T_4$  ҳароратда атмосферага чиқариб юборилади. Бунда ортиқча босим  $P_4-P_1$  фойдасиз йуқотилади. Идеал циклларда бу жараён изобарик иссиқлик чиқариш 4-1 билан алмаштирилади.

Цилиндрни тўлик ҳажмини ёниш камерасининг ҳажмига нисбати двигателнинг сиқиш даражаси дейилади

$$\varepsilon = \vartheta_1 / \vartheta_2$$

Сиқиш даражаси асосий ўлчам бўлиб, циклни термик ФИК миқдорини аниқлайди.

Сиқиш даражаси ҳар ҳил бўлган циклларни куриб чиқамиз. Ўзлукли чизик билан  $\varepsilon$  катта, ўзлуксиз билан  $\varepsilon$  кичик бўлган цикл чизмада келтирилган. Чизмадан куришиб турибдики “ $\varepsilon$ ” катта бўлганда иссиқлик  $q_1$  (2' 3' 5 6) катта, чиқарилган иссиқлик эса иккала циклда ҳам бир ҳил (4561). Демак, термик ФИК  $\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1}$  “ $\varepsilon$ ” катта бўлганда катта бўлади.

Ички ёнув двигателларида термик ДИК сиқиш даражаси “ $\varepsilon$ ” ортиши билан ортиб боради. (31-расм). Бу боғланишни қуйидаги ифодадан аниқлаш мумкин.

$$\eta_t = \frac{1}{\varepsilon^{\kappa-1}}$$

бу ерда  $\kappa$ -адиабатик курсаткич.

Чизмада термик ФИК,  $\vartheta = \text{const}$  бўлганда сиқиш даражасига боғлиқ ҳолда ҳар хил адиабатик курсатгичларда ўзгариш келтирилган

ИЁДа ФИКни «сиқиш» даражаси ортиш билан ортиши циклдаги максимал ҳарорат-нинг ортиш билан изохлади, яъни энергия сарфи камаяди.

Карбюраторли двигетелларда сиқиш даражасини ошириш аралашмани ўз-ўзидан ёниб кетиш билан чекланган ва 9-10 дан ошмайди.

31. Расм.

Дизел двигетелларида ҳаво сиқилади,  $\epsilon = 18$  гача бўлади ва ФИК ни ошириш мумкин.

### *Газ турбинали курилма циклари*

Газ турбинали курилмани принципиал схемаси чизмада (32-расм) келтирилган. Ҳаво компрессори К атмосфера ҳавосини сикади, босимни  $P_1$  дан  $P_2$  гача оширади, ва уни тухтовсиз ёниш камерасига

“С” беради. Камерага бундан ташқари насос ёрдамида керакли бўлган миқдорда суюк ёқилги ҳам берилди.

32-расм.

Ёнишда ҳосил бўлган махсулот камерадан  $T_3$  ҳарорат ва компрессордан чиққан босимга яқин босим остида чиқади ( $P_3 = P_2$ ). Демак, ёниш доимий босим остида бўлади.

Газ турбиналарида ёнган махсулотлар адиабатик кенгайди, бунинг натижасида уларнинг ҳароратси  $T_4$  гача пасаяди, босим эса атмосфера босимигача  $P_1$  тушади. Ҳамма босимни фарки  $P_3 - P_1$  турбинада техник ишни  $l_{\text{тех}}$  олиш учун сарф бўлади. Бу ишнинг купрок қисми  $l_k$  компрессорни ўзатмасига сарф бўлади.

$l_{\text{тех}} - l_k$  – фарки электрогенераторда электр энергиясини ишлаб чиқиш учун сарф бўлади ёки бошқа мақсадларга сарф бўлади. Бу фарк циклнинг фойдали ишини ташқил қилади.

Ёқилгини ёнишини изобарик иссиқлик киритиш билан (2-3 чизик 32-расм), совук ёғни махсулотларни атмосферага ташлангани-изобарик иссиқлик чиқиш билан алмаштириб (4-л линия) газотурибина курилмаси циклини оламиз.

P $\vartheta$  диаграммада фойдали иш ва 1234 майдон билан ифодаланади.

## 9. Маъруза. Иссиқлик ва масса алмашиш асослари

Режа

1. Иссиқлик бериш усуллари.
2. Иссиқлик ўтказишнинг миқдорий тавсифномалари.
3. Иссиқлик ўтказувчанлик.
4. Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти.
5. Стационар режимда иссиқлик ўтказувчанлик.

Термодинамиканинг иккинчи қонунига биноан бушликда иссиқликнинг ўз-ўзидан ўтиш жараёни ҳароратнинг фарқи таъсири остида ўтади ва ҳарорати паст томонга йуналган бўлади. Иссиқлик ўтиш қонуниятлари ва бу жараённинг миқдорий тавсифномалари иссиқлик алмашиш назариясининг тадқиқот қилиш предмети ҳисобланади.

Иссиқлик ҳамма моддаларда, токи вакуум орқали ҳам тарқалиши мумкин.

Иссиқлик уч ҳил усул билан берилиши мумкин:

1) иссиқликни молекулалар, атомлар, электронлар ва бошқа кичик заррачалар ҳисобига бериш;  
2) модданинг макроскопик ҳажми билан биргаликда, яъни конвектив иссиқлик бериш (масалан трубалар орқали иссик сувни ўзатиш).

3) Нурланиш орқали бериш.

Биринчи усулда берилганда ҳарорат юқори бўлган зонадан паст зонага маълум тезликда ўтади.

Иккинчи усулда иссиқлик иссик суюқликлар орқали юзага ёки аксинча берилади.

Учинчи усулда иссиқлик ҳамма тиник нур мухитларида берилади, шу жумладан вакуумда ҳам. Иссиқлик бериш учун ишлатиладиган ҳаракатлантирувчи мухит (масалан сув иккинчи усулда) иссиқликни элтувчи дейилади.

Куп пайтларда иссиқликни бир вақтни ўзида ҳар ҳил усуллари билан бериш амалга оширилади. Буни мураккаб иссиқлик алмашиш дейилади.

### *Иссиқлик ўтказишни миқдорий тавсифномалари.*

Иссиқлик ўтиш интенсивлиги иссиқлик оқимининг зичлиги билан яъни вақт бирлигида майдон юзаси бирлиги орқали ўзатиладиган иссиқлик миқдори орқали характерланади. Бу миқдор  $Вт/м^2$  улчанади ва одатда  $q$  билан белгиланади.

Вақт бирлигида ихтиёрий юза  $F$  орқали бериладиган иссиқлик миқдорини иссиқлик алмашиши назариясида иссиқлик оқимининг қуввати ёки оддий қилиб иссиқлик оқими деб аталади ва  $q$  билан белгиланади.

Улчов бирилиги  $ж/с$ , яъни  $Вт$  да улчанади.

Ихтирий  $\tau$  вақт оралигида ихтиёрий юза орқали берилган иссиқлик миқдори ушбу ифода орқали аниқланади

$$q = Q/F = Q_{\tau} / F_{\tau}$$

### *Масса ўтиши (алмашиши) хақида тушунча.*

Модданинг массасини мухитдаги бирор нуктадан бошқа нуктага ўтиши курилайётган нукталарда берилган моддаларнинг қуюқлиги (концентрацияси) ҳар ҳил бўлса амалга ошади.

Масалан, газ аралашмаси компонентлари ҳажм бўйича тенг тарқалган бўлса, уларнинг концентрацияси куп бўлган жойдан концентрацияси кам бўлган жойга ўтади, ва секин-аста ҳамма ҳажм бўйича тенглашади.

Масса ўтиши: 1) диффузион (факат атом ва молекулалар орқали масса ўтса); 2) конвектив бўлади.

Диффузион ўтиш газларда, конвектив ўтиш суюқликларда содир бўлади.

Қуритиш ва химиявий реакцияларда конвектив масса алмашишларни яъни, жисм юзасидан суюқ ёки газли мухитга массани ўтишини ҳисоблашга тугри келади. Бундай жараён конвектив (ўтиш, қучиш) масса бериш дейилади.

### Иссиқлик ўтказувчанлик.

Иссиқлик ўтказувчанликни асосий қонуни.

Иссиқликни ўтиши иссиқлик ўтказувчанлик билан тана ҳажмидаги ҳароратни тарқалиши билан боғлиқдир.

Берилган вақт мобайнида тананинг ҳамма нукталаридаги ҳароратнинг миқдорларини ҳаммаси ҳарорат майдони деб аталади.

Ҳарорат майдони куйидаги математик ифода билан ифодаланади.

$$t = f(x; y; z; \tau)$$

Ҳарорат битта ёки иккита фазовий координаталар бўйича жуда тез-тез ўзгариб туради. Шунга биноан ҳарорат майдони бир ёки иккита улчовли бўлади.

Агар вақт ўтиш билан тананинг ҳамма нукталарида ҳарорат ўзгармаса, стационар ҳарорат майдони дейилади, ўзгарса стационар бўлмаган ҳарорат майдони дейилади.

Ҳамма нукталарида бир хил ҳарорат бўлган юзани изотермик юза дейилади.

Изотермик юзага тик бўлиб, ҳароратни ортиб бориши томонига йуналган, сон жиҳатидан шу йуналишдаги ҳароратнинг ҳосиласига тенг бўлган вектор ҳарорат градиенти ҳисобланади -  $grad t$ . Фурье қонунига асосан иссиқлик оқими зичлигининг вектори ҳарорат градиентига пропорционалдир.

$$q = - \lambda grad t$$

бу ерда  $\lambda$  -модданинг иссиқлик ўтказиш коэффициентини; Вт/м.к

Формуладаги “-” белги  $q$  векторнинг ҳарорат градиентига тескари йуналганлигини курсатади.

Иссиқлик оқимининг зичлиги ҳар бир бошқа йуналиш « $n$ » учун шу йуналишдаги вектор  $q$  нинг проекциясига тенг(34-расм).

$$q_n = q \cos \varphi = - \lambda grad t \cos \varphi$$

34-расм

Ихтиёрий  $F$  юзадаги тўлиқ иссиқлик оқими  $Q$  ни ушбу ифодадан топилади.

$$Q = - \int_F \lambda \left( \frac{\partial t}{\partial n} \right) dF$$

### Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти.

Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти берилган модданинг иссиқлик ўтказиш имкониятини характерлайди.

У ушбу ифода орқали топилиши мумкин;

$$\lambda_t = \lambda_0 \cdot c (1 + \beta t)$$

бу ерда  $\beta$ -ҳарорат коэффициенти (материалнинг  $\lambda$  сини унинг ҳарорати  $1^\circ$  ортгадигисини англатади).

Энг катта иссиқлик ўтказувчанликни енгил газ-водород эгаллайди,  $\lambda=0,2$  Вт / (м.к)

Металларда иссиқлик ўтказувчанлик электронларни иссиқлик ҳаракати туфайли таъминланади, газларда молекулаларнинг тартибсиз ҳаракати туфайли. Металларни иссиқлик ўтказувчанлиги газларга караганда юқоридир. Мис кукуни учун  $\lambda=400$  Вт / (м.к), углеродли пулат учун  $\lambda=50$  Вт / (м.к). Суюқликларда иссиқ ўтказувчанлик кам, сувда  $\lambda \approx 0,6$  Вт / (м.к).

### Стационар режимда иссиқлик ўтказувчанлик



Бир ҳил жинсли ясси деворнинг иссиқлик ўтказишини куриб чикамиз. (35. Расм).

Бу ҳол учун  $\lambda$  нинг қиймати ушбу ҳароратда  $t$  қ  $0,5 (t_{c1} - t_{c2})$  справочниклардан олинади. Иссиқлик окимининг зичлиги

$$q = (t_{c1} - t_{c2}) \leftarrow \lambda / \delta$$

ёки

$$Q = (t_{c1} - t_{c2}) \leftarrow \lambda, F / \delta$$

$\lambda \cdot F$  / – муносабатни деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиги, тескари қиймати  $\delta / \lambda F$  деворнинг термик каршилиги деб аталади ва  $R_\lambda$  -билан белгиланади.

У ҳолда охирги ифодани ушбу курунишда ёзиш мумкин:

$$Q = (t_{c1} - t_{c2}) \cdot R_\lambda$$

Куп катламли девор учун деворнинг термик каршилиги хар бир деворнинг термик каршиликларни йигиндисига тенг, яъни

$$R_\lambda = \sum_{i=1}^n R_{\lambda i} = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{F \cdot \lambda_i}$$

$$Q = \frac{t_c - t_c (n+1)}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{F \lambda_i}}$$

36-расм.

Хар бир катламдаги ҳарорат ушбу ифода билан топилади

$$t_{c(k+1)} = t_{c1} - Q \sum_{i=1}^k R_{\lambda i}$$

## 10. Маъруза. Конвектив иссиқлик алмашиш (иссиқлик бериш)

Режа

1. Иссиқлик бериш жараёни.
2. Иссиқлик бериш коэффициенти.

Одатда суюк ва газсимон иссиқлик элтувчилар каттик таналарга текқанда қизийди ёки совуйди. Масалан, печка трубаларидан чиқаётган газ тўтунлари ўзини иссиқлигини қизитилаётган заготовкага, буғ қозонларида ичида исийётганва қайнаётган сувли трубаларга берилади, хонадаги ҳаво иситувчи приборлар билан қизийди.

Каттик жисм юзаси билан суюклик орасидаги иссиқлик алмашиш жараёни иссиқлик бериш деб аталади.

Иссиқлик ўтказган тана юзасини-иссиқлик алмашиш юзаси ёки иссиқлик берувчи юза деб аталади.

Ньютон-Рихман қонунига биноан иссиқлик бериш жараёнидаги иссиқлик оқими иссиқлик алмашиш юзаси «F майдонига ва юза ҳарорати  $t_c$  билан суюклик ҳарорати « $t_{ж}$ » фаркига пропорционал боғлангандир, яъни

$$Q = \alpha F \cdot |t_c - t_{ж}|$$

Иссиқлик бериш жараёни, иссиқлик оқимининг йуналишига боғлиқ бўлмаган ҳолда (девордаги суюклик ёки тескари) унинг миқдори мусбат деб қабул қилинади.

Шунинг учун  $t_c - t_{ж}$  фаркини абсолют миқдор бўйича олинади, яъни каттасидан кичигини айрилади.

Пропорционаллик коэффициенти  $\alpha$  иссиқлик бериш коэффициентидеб аталади. Унинг улчов бирлиги Вт / (м<sup>2</sup>·к)  $\alpha$  -иссиқлик бериш жараёнининг интенсивлигини характерлайди. Унинг миқдори ушбу ифода билан аниқланади

$$\alpha = \frac{Q}{F(t_c - t_{ж})} = \frac{q}{|t_c - t_{ж}|}$$

Иссиқлик ўзатиш коэффициенти  $\alpha$  иссиқлик алмашиш юзасининг хар ҳил нукталарида хар ҳил бўлиши мумкин. Бундай ҳолларда локал (махаллий) иссиқлик бериш коэффициентидеб тушунчаси киритилади. Ҳисоблашларни соддалаштириш максидида юзалар бўйича ўртича иссиқлик бериш коэффициентидан фойдаланилади.

Юқоридаги формула бўйича иссиқлик бериш коэффициентидеб экспериментал шароитларда ҳисобланади, яъни ҳамма қолган миқдорлар аниқ бўлганда. Ҳисоблашда  $\alpha$  нинг қийматини аниқлаш қийиндир, чунки у бир қатор омилларга: суюкликнинг физик хусусиятига (зичлигига, қовушқоклигига, иссиқлик сизимига, иссиқлик ўтказувчанлигига), юзанинг шаклига ва улчамига мухит ҳаракати пайдо бўлишининг табиатига, ҳаракат тезлигига боғлиқдир.

Иссиқлик бериш коэффициентининг миқдори иссиқлик алмашиш юзаси олдидаги суюкликнинг оқим шароити хал қилувчи таъсир қилади. Ҳаракатни пайдо бўлиши характери жиҳатидан икки ҳил ҳаракатини фарк қилинади: эркин ва мажбурий.

Эркин ҳаракат оғирлик қуч таъсири остида бўлган қизиган ва совук суюклик заррачаларининг зичлигини фарқи натижасида руй беради. Буни табиий конвекция ҳам деб юритлади ва суюклик турига, ҳарорат фаркига, ҳамда жараён кечаётган жой ҳажмига боғлиқдир.

Мажбурий ҳаракат насос, вентилятор, шамол таъсири остида руй беради. Умумий ҳолларда мажбурий ҳаракат билан бир вақтни ўзида эркин ҳаракат ҳам пайдо бўлиши мумкин.

Эркин ҳаракатни нисбий таъсири ҳароратлар фарқи қанча катта бўлса ва мажбурий ҳаракатни тезлиги қанчалик кичик бўлса шунча катта бўлади.

Суюкликларни ҳаракати ламинар ва турбулент характерга эга бўлиши мумкин. Ламинар режимда суюклик заррачалари қатламлар бўйича аралашмасдан ҳаракатланади.

Турбулент режим суюкликнинг ҳамма қатламларини тухтовсиз аралашини билан характерланади. Ламинар режимдан турбулент режимга ўтиш Рейнольдс сони деб аталувчи улчамсиз критик улчам билан аниқланади.

$$R_{e_{кр}} = \frac{\omega l}{\nu}$$

Бу ерда  $\omega$  - суюкликни ҳаракатланиш тезлиги:

$\nu$  - суюкликни кинематик ковушқоклиги:

$l$  - каналнинг характерли улчами:

$R_e \leq 2300$  бўлса суюкликни трубадаги характери ламинар,  $R_e \geq 10000$  бўлса турбулент бўлади. Ихтиёрий диаметрли трубада ихтиёрий суюкликни ламинар режимдан турбулент режимга ўтишини аниқловчи критик тезлик ушбу муносабатдан топиши мумкин:

$$\omega_{кр} = \frac{2300\nu}{\rho \cdot d};$$

бу ерда  $\rho$  - суюкликни зичлиги;  $d$  - труба диаметри.

Ҳар бир режимдаги суюкликни заррачаларини ҳаракатида каттик юзага тугридан - тугри тегиб тўрган жойда улар ёпишиб туради. Натижада сўйри юзага яқин жойда ковушқоклик кучи таъсири остида суюкликнинг юпка тормозланган катлами ҳосил бўлади.

Суюкликнинг тормозланган бу катлами гидродинамик чегаравий катлам деган ном олган.

а) Ламинар оқимда трубадаги суюкликни тарқалиши.      б) турбулент режимда трубадаги суюкликни тарқалиши.

Иккинчи чизмада ясси юзани доимий тезликдаги  $\omega_0$  суюклик оқими ўзунасига ёнидан оқиб ўтганда гидродинамик чегаравий катлам курсатилган.

Гидродинамик чегаравий катлам схемаси.

Бу катлам калинлиги " $\delta$ " оқимнинг бўйича катталашиб боради, чунки ковушқокликни таъсири ҳаракати бориши билан бўзилмаган оқимга купрок тарқала боради,  $x$ -нинг кичик миқдорларида чегаравий катламларда ламинар оқим руй беради. Секин- аста бу турбулент оқимига ўтади. Аммо турбулент оқим бўлганда ҳам чегаравий катламда девор яқинида жуда юпка суюклик катлами ламинар оқимга эга бўлади. Бу катламни ёпишқок катлам ёки ламинар катлам ости дейилади.

Гидродинамик катлам тушунчасига ухшаш иссиқлик чегаравий катлами тушунчаси ҳам мавжуд. Бу тушунчага биноан каттик юзага яқин жойда, суюкликни ҳарорат девор ҳароратидан  $t_c$  танасидан нарироқдаги суюклик ҳароратига  $t_{ж}$  ўзгаради. Умумий ҳолларда гидродинамик ва иссиқлик " $\delta$ " чегаравий катламларнинг калинлигига пропорционалдир.

## 11. Маъруза. Нурланиб иссиқлик алмашиш

Режа

1. Нурланиб иссиқлик алмашиш.
2. Нурланиб иссиқ алмашишнинг асосий қонунлари.
3. Тиник мухитдаги жисм системаларида нурланиш орқали иссиқ алмашиш.

Иссиқликни тарқалиши жисм ички энергиясини электрормагнит тўлқинлари энергиясига айланиши натижасида Р. Иссиқлик нурлари (тўлқин) бошқа жисмга тушса уларнинг энергияси қисман ютилади ва ички энергияга айланади. Шундай тарзда жисмлар орасида нурланиб иссиқ алмашиш содир бўлади.

Иссиқлик нурлари электрормагнит тўлқинларининг тарқалиш жараён сингари тўлқин ўзунлиги "λ" ва тебраниш частотаси "ν" билан характерланади. Тўлқинлар ёруғлик тезлигига тенг тезлик билан тарқалади  $c=3 \cdot 10^8$  м/с;

$$v = c / \lambda$$

Иссиқлик энергиясини нурланиш тўлқин ўзунлиги  $\lambda_{0,8 \div 80}$  мкн. ни ташқил қилди. Бу нурларни инфрақизил нурлар деб аталади. Ёруғлик ва иссиқлик нурлари бир ҳил табиатга эгадир, улар орасида куп ухшашлик бор.

Жисмга тушган нур энергияси (чизмага қаранг) қисман

ютилади ( $E_{\text{ют}}$ ), қисман  
кайтади ( $E_{\text{кай}}$ ) ва қисман жисм  
орқали ўтади ( $E_{\text{ўт}}$ ), яъни буни  
қуйидагига ифодалаш мумкин

$$E_{\text{туш}} = E_{\text{кай}} + E_{\text{ют}} + E_{\text{ўт}}$$

Бу иссиқлик баланси  
тенгламасини улчовсиз  
формада ёзиш мумкин.

$$A + R + D = 1$$

бу ерда  $A = \frac{E_{\text{ют}}}{E_{\text{туш}}}$  - ютиш коэффициентини дейилади;

$R = \frac{E_{\text{кай}}}{E_{\text{туш}}}$  - кайтиш коэффициентини дейилади;

$D = \frac{E_{\text{ўт}}}{E_{\text{туш}}}$  - ўтказиш коэффициентини дейилади.

Ҳамма тушаётган нурларни ютадиган жисмни абсолют қора жисм дейилади. Бу жисм учун  $A=1$ .  $0 < A < 1$  ва тушаётган нурланиш тўлқин ўзунлигига боғлиқ бўлмаса қул ранг жисм дейилади.

Абсолют оқ жисмда  $R=1$  бўлади, абсолют тиник жисмда  $D=1$  бўлади.

Агар юза иссиқлик нурини қабул қилиб, ёруғлик нурини қабул қилмаса у қора жисм бўлмайди.

Каттик ва суюқ жисмлар купинча ҳамма ўзунликдаги яъни 0 дан  $\infty$  гача тўлқин энергиясини нурлатади. Тоза (оксидланмаган) металллар ва газлар селектив нурланиш билан характерланади, яъни бирор аниқ ўзунлигидаги тўлқин энергиясини нурлатади.

Тананинг (ўзиники) ва у қайтарган нурланиш окимининг йигиндисини унинг самарасив нурланиши дейилади.

$$E_{\text{эф}} = E + RE_{\text{туш}}$$

Жисмлар системасидаги ўзаро таркатилган, ютилган, қайтарилган ва ўтказилган нурланиш энергияси йигилган жараён нурланиб иссиқ алмашиш дейилади.

*Нурланиб иссиқлик алмашишининг асосий қонунлари.*

Планк қонуни тўлқин ўзунлиги спекторининг ҳар ҳил участкаларидан нурланиш интенсивлигини тарқалиш тартибини ифодалайди.

Нурланиш оқимининг спекториал зичлиги абсолют қора жисм учун

$$I_{0\lambda} = \frac{C_1 \lambda^{-5}}{\left(e^{c_2/\lambda T} - 1\right)}$$

бу ерда  $C_1 = 3,74 \cdot 10^{-16}$  Вт/м<sup>2</sup>,  $C_2 = 1,44 \cdot 10^{-2}$  м.К-нурланиш доимийси.

*e*-натурал логарифмнинг асоси.

**Вин қонуни.** Чизмадан қуришиб турибдики нурланиш оқими зичлиги  $I_{0\lambda}$   $\lambda=0$  дан айрим тўлқинларда максимумгача, сунгра яна  $\infty$  да нолга интилади. Вин  $T \cdot \lambda_m$  қупаймани доимий эқанлигини урнатади, яъни

$$T \lambda_m = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ м.К}$$

Ушбу тенгликдан  $\lambda_m = 2,898 / T$ , демак ҳарорат ортиши билан максимал нурланиш қиска тўлқинли томонга сурилади.

**Стефан-Больцман қонуни.**

Чизмадаги штрихланган майдон  $I_{0\lambda_i} d\lambda$  қупайтмасига тенг бўлиб абсолют қора жисмни юзасидаги нурланиш оқимининг зичлигини  $\lambda_i$  дан  $\lambda_i + d\lambda$  тўлқин ўзунлигидаги диапазонда аниқлайди

$$dE_0 = I_{0\lambda_i} d\lambda$$

Берилган ҳарорат учун эгри чизик остидаги майдон ҳамма тўлқинлар ўзунлигидаги  $dE_0$  ни йигиндисини беради.

$$E_0 = G_0 T^n.$$

бу ерда

$$G_0 = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} \quad \text{Стефан-Больцман доимийси.}$$

Бу формула 1879 йили И. Стефан томонидан тажрибада олинган бўлиб, 1881 йил Л. Болцман томонидан назарий жиҳатдан асосланган.

Техник ҳисоблашлар учун Стефан-Больцман қонуни ушбу қуринишда ёзилади.

$$E_0 = C_0 \left( \frac{T}{100} \right)^4$$

бу ерда  $C_0 = G_0 \cdot 10^8 = 5,67 \cdot \text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$  - абсолют қора жисмни нурланиш қобилияти.

Реал жисм учун Стефан-Больцман қонуни ушбу қуринишда ёзилади

$$E = \varepsilon E_0 = \varepsilon C_0 (T/100)^4 = C (T/100)^4$$

Бу ерда  $\varepsilon$  - иссиқлик нурланиши коэффициентлари,  $C = \varepsilon C_0$  кул ранг жисмни нурланиш қобилияти. Материал, юзаҳолати ва ҳароратга боғлиқ ҳолда  $\varepsilon$  0 дан 1 гача ўзгаради.

Кирхгоф қонуни кул ранг ва абсолют қора жисмлар учун нурланиш ва ютиш энергияси орасидаги сонли боғланишни урнатади, яъни

$$\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \frac{E_3}{A_3} = \dots = \frac{E_0}{1} = E_0$$

Бу ифода 1882 йили Кирхгоф томонидан олинган бўлиб, қонуннинг умумий ифодасидир.

Кирхгоф қонунига биноан нурланиш энергиясини ( $E_1, E_2, E_3$ ). ютиш коэффициентига ( $A_1, A_2, A_3$ ) нисбати жисм табиатига боғлиқ бўлмай, шу температурадаги абсолют қора жисм нурланиш энергиясига тенгдир.

Жисм қанчалик катта ютиш коэффициентига эга бўлса, у шунчалик катта нурланиш энергиясига эга бўлади. Агар жисм кам нурланса, кам ютади. Абсолют оқ жисм нурлаш ва ютиш энергиясига эга эмасдир.

Ҳар қил нур тўлқин ўзунлигини ҳар қил ютадиган жисмга рангли жисм дейилади.

Ламберт қонуни. Стефан-Больцман қонуни нурланиш энергияси миқдорини ҳамма йуналиш бўйича аниқласа, Ламберт қонунига биноан максимал нурланиш  $E_n$  юзага нормал йуналишда купрок бўлади. Нормалга  $\varphi$  бурчак остида нурланганда энергия миқдори ( $E_\varphi$ )  $\varphi$  бурчак косинусига пропорционалдир, яъни  $E_\varphi = E_n \cdot \cos\varphi$ . Бундан қуриб турибдики, нурланиш юзанинг бўйи бўйлаб ( $\varphi \leq 90^\circ$  бўлганда) нолга тенг.

Тиник муҳитдаги жисм системаларида нурланиш орқали иссиқлик алмашиниш.

Иккита бир-бирига яқин бўлган, бир-бирига қараган юзалар орасидаги иссиқлик алмашинишни қуриб чиқамиз.

$T_1 > T_2$ ,  $E_1$ -биринчи жисмни ўзини энергиясини иккинчига нурланиши,  $E_2$ -иккинчини 1 га нурланиши. Биринчи жисмни ўзини энергиясини сарф бўлишини қуриб чиқамиз.  $E_1$  ни 2-жисмга тушиши билан унинг  $E_1 A_2$  иккинчи билан ютилади,  $E_1 - E_1 A_2 \varepsilon_1 (1 - A_2)$  қисмига қайтади ва 1 жисмга. 1 Жисм  $E_1 (1 - A_2) A_1$  ни ютади  $E_1 (1 - A_2) (1 - A_1)$  ни эса яна иккинчисига қайтаради. Иккинчи билан  $E_1 (1 - A_2) (1 - A_1) A_2$  ютилади ва яна маълум миқдордагиси қайтади. Шундай қилиб иккинчи жисм энергиясини ҳам ўтишини қуриш мумкин.

41-расм.

Тухтовсиз суниб борувчи энергия оқими миқдорини жамламасдан самарасив нурланиш тушунчасидан фойдаланиб тиник жисм учун ушбу ифодани ёзамиз

$$E_{\text{эф}} = E + E_{\text{туш}}(1 - A)$$

Қуриб чиқилаётган ҳар бир жисм ўзининг самарасив нурланиши  $E_{\text{эф}1}$  ва  $E_{\text{эф}2}$  га эга.

Биринчи жисм учун ўзининг самарасив нурланиши

$$E_{\text{эф}1} = E_1 + E_{\text{эф}2}(1 - A_1)$$

$E_{\text{эф}2}(1 - A)$  миқдор бу ерда биринчи жисм билан қайтарилган оқимнинг тухтовсиз автоматик равишда ҳисобга олади. Иккинчи жисм учун

$$E_{\text{эф}2} = E_2 + E_{\text{эф}1}(1 - A_2)$$

Биринчи жисмдан иккинчи жисмга ўтаётган яқуний иссиқлик оқими зичлиги

$$q_{1,2} = E_{\text{эф}1} - E_{\text{эф}2}$$

Бу ифодадаги  $E_{\phi 1}$  ва  $E_{\phi 2}$  ларни миқдорини юқоридаги ифодадан олиб қўйсақ ва бирга ечиб қуйидагини оламиз

$$q_{1,2} = \frac{A_2 E_1 - A_1 E_2}{A_1 + A_2 - A_1 A_2}$$

$E_1$  ва  $E_2$  ларни ифодасини қўйиб оламиз.

$$q_{1,2} = \frac{A_2 \varepsilon_1 C_0 (T_1 / 100)^4 - A_1 \varepsilon_2 C_0 (T_2 / 100)^4}{A_1 + A_2 - A_1 A_2}$$

Иккала жисмда ҳам иссиқлик нурланиш коэффициентини сезиларли даражада  $T_1$  ва  $T_2$  ҳароратда ўзгармайди десак, Кирхгоф қонунига биноан  $A_1 = E_1$ ;  $A_2 = E_2$  формулага ўрнига қўйиб  $A$  ни  $E$  га алмаштириб қуйидагини оламиз

$$q_{1,2} = \frac{I}{1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1} C_0 \cdot [(T_1 / 100)^4 - (T_2 / 100)^4]$$

Бу ерда  $\frac{I}{1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1} = \varepsilon_{np}$  - жисмлар системасининг келтирилган иссиқлик нурланиши

коэффициенти дейилади. Иккита бир-бирига яқин жойлашган жисм учун тўлиқ иссиқлик оқими ушбу формуладан топилади

$$Q_{1,2} = \varphi_{1,2} \varepsilon_{np} C_0 F \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

Бу ерда  $F$ -иссиқлик алмашадиган юзанинг майдони иккала юза учун ҳам бир ҳил,

$\varphi_{1,2}$ - жисмнинг нурланиш коэффициенти, биринчи жисмни нурланиш улушини иккинчи жисм билан қабўл қилишини ҳисобга олади.

Биринчи жисм билан иккинчисини нурлаш коэффициенти  $\varphi_{1,2}$  ва иккинчиси билан биринчисини нурлаш коэффициенти фарк қилинади ( $\varphi_{2,1}$ ). Бу коэффициентлар аналитик ёки экспериментал аниқланади. Юқоридаги қўрган ҳолимиз учун, яъни биринчи жисмни ҳамма нурланиши иккинчи жисмга тушса, у ҳолда  $\varphi_{1,2} \approx 1$  бўлади.

қизиган жисмлардан сакланиш учун орага экран қўйилади, экран сифатида ок жисм ёки полировка қилинган метал пластинка (коралик даражаси  $E_k = 0,05-0,15$ ) қўйилади, у ҳолда биринчи жисм билан берилган иссиқлик оқими

$$q_{1,2} = \left\{ \varepsilon_{np} \cdot C_0 \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \right\} \frac{1}{2} \text{ бўлади.}$$

## 12. Маъруза. Иссиқлик ўзатиш

Режа

1. Муракаб иссиқлик алмашиш.
2. Икки суюқликни ажратиб турувчи девор орқали иссиқлик ўзатиш.
3. Иссиқлик ўзатишни интенсивлаштириш.

Муракаб иссиқлик алмашиш.

Иссиқлик ўтишини иссиқлик ўтказувчанлик, конвекция ва нурланишга бўлиш бу жараёнларни ўрганиш учун қулайдир.

Ҳақиқатда эса мураккаб иссиқлик алмашиш купрок учрайди, яъни иссиқлик икки ва уч усулда бир вақтни ўзида берилади.

Куп тарқалган мураккаб иссиқлик алмашиш ҳолларидан бири юзадан газга иссиқлик беришидир (ёки газдан юзага иссиқлик беришидир). Бунда иссиқлик алмашиши конвекция бўлиши билан яъний (юзани оқиб) ўтаётган газ билан контактда йулини ҳисобига ва шу юзани нурланиши ва энергия кабул қилиш ҳисобига амалга ошади. Купрок конвектив иссиқлик алмашиш руй беради. Шунинг учун, умуман олганда мураккаб иссиқлик алмашиш интенсивлиги иссиқлик бериш коэффициентининг йигиндиси билан характерланади

$$\alpha = \alpha_k + \alpha_l.$$

Бу ерда  $\alpha_k$  - конвектив иссиқлик бериш коэффициентлари

$\alpha_l$  - нурланиб иссиқлик бериш коэффициентлари

Одатда конвекция ва нурланиш бир-бирига таъсир қилмайди:

$$\alpha_k = \frac{q}{|t_c - t_{ж}|}; \quad \alpha_l = \frac{q_l}{|t_c - t_r|},$$

бу ерда  $q_l$  – нурланишдаги иссиқлик оқими зичлиги;  $t_r$ - газ ҳарорати;

$t_k$  - мухит ҳарорати,  $t_{ж}$  - суюқлик ҳарорати.

Ҳарорат ортиши билан нурланиш иссиқлик оқими тез ортиб боради. Шунинг учун буғ қозонлар ўтинхонасида ва печларда (газ тезлиги катта бўлмаган жойларда)  $t_r > 1000^{\circ}\text{C}$  бўлса  $\alpha_k \alpha_l$  тенг олиш мумкин.

Юзани иссиқлик алмашиниши купрок томчиловчи суюқлик оқими билан бўлганда  $\alpha = \alpha_k$  бўлади.

### *Икки суюқликни ажратиб турувчи девор орқали иссиқлик ўзатиши.*

Бир суюқлик элтувчидан иккинчи суюқлик элтувчига уларни ажратиб турувчи девор орқали иссиқликни бериш иссиқлик ўзатиш деб аталади. Бунда иссиқлик иссиқлик элтувчидан  $t_{ж1}$  дан конвектив иссиқлик алмашиниш йули билан бирор девор юзасига берилади (42-расмга қараңг)

Бунда иссиқлик алмашиш нурланиш йули билан ҳам содир бўлиш мумкин. Жараённинг иссиқлик бериш интенсивли иссиқлик бериш коэффициенти  $\alpha_1$  билан характерланади. Сунгра

42-расм.

Иссиқлик деворининг иссиқлик

ўтказувчанлиги орқали бир юзадан иккинчи юзага ўтади. Иссиқлик ўтказувчанликнинг термик қаршилиги деворнинг турига қараб ҳар қил бўлади. Буни биз юқорида қуриб чикқанмиз. Деворнинг иккинчи юзидан иссиқлик ўзатиш коэффициенти билан характерланадиган  $\alpha_2$  иссиқлик конвектив иссиқлик алмашиниш йули билан совк суюқликка берилади.

Стационар режимида ҳамма уччала жараенда ҳам иссиқлик оқими бир қилдир, ҳароратда фарқи эса учта ташқил қилувчидан ташқил топади:

1) Иссиқ суюқлик билан девор юзаси орасидаги ҳарорат фарқидан, Нютон-Рихман қонунига биноан:



$$t_{ж} - t_{c1} = Q / (\alpha_1 F_1) = QR_{\alpha 1}; \quad (1)$$

2) девор юзалари орасидаги ҳарорат фарки

$$t_{c1} - t_{c2} = QR_{\lambda}; \quad (2)$$

3) Иккинчи девор юзаси билан совук суюқлик орасидаги ҳарорат фарки:

$$t_{c2} - t_{ж2} = Q / (\alpha_2 F_2) = QR_{\alpha 2} \quad (3)$$

(1), (2), (3) ифодларни чап ва унг томонларини жамлаб қуйидагини оламиз.

$$t_{ж1} - t_{ж2} = Q \left( \frac{1}{\alpha_1 F_1} + R_{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2 F_2} \right)$$

бунда

$$Q = \frac{t_{ж1} - t_{ж2}}{\frac{1}{\alpha_1 F_1} + R_{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2 F_2}} = \frac{t_{ж1} - t_{ж2}}{R_{\alpha 1} + R_{\lambda} + R_{\alpha 2}} = \frac{t_{ж1} - t_{ж2}}{R_K}$$

Бу (4) формула ёрдамида ясси, цилиндрлик бир катламли, куп катламли деворлар орқали иссиқлик бериш жаарёнини ҳисоблаш мумкин. Факат бу ерда  $R_{\lambda}$  фарк қилинади.

$R_{\alpha} = \frac{1}{\alpha F}$  миқдорни иссиқлик бериш термик каршилиги дейилади.

Термик каршилиқларни йигиндиси  $R_K$  ни - иссиқлик ўзатиш термик каршилиги дейилади.

1-чи ва 3-чи ифодалардан девор юзидаги ҳароратни аниқлаш мумкин.

$$t_{e1} = t_{ж1} - QR_{\alpha 1}; \quad t_{c2} = t_{ж2} + QR_{\alpha 2};$$

Ясси девор орқали иссиқлик ўзатишда деворларнинг иккала томонидан ҳам юзаси бир хил бўлса, яъни  $F_1 = F_2 = F$  иссиқлик оқими зичлиги ушбу формула орқали ҳисобланади

$$q = \frac{Q}{F} = \frac{t_{ж1} - t_{ж2}}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \kappa(t_{ж1} - t_{ж2});$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \text{ иссиқлик ўзатиш коэффициенти}$$

Бу коэффицент бир иссиқлик элтувчидан бошқача уларни ажратиб турувчи девор орқали иссиқлик ўзатиш жараён интенсивлигини характерлайди.

Куп катламли девор бўлганда формладаги  $\delta/\lambda$  муносабат ўрнига хар бир катлам учун ўзининг  $\delta_1/\lambda_1, \delta_2/\lambda_2$  ифодаларини қўйиш керак.

### *Иссиқлик ўзатишни интенсивлаштириш*

Иссиқлик ўзатиш интенсивлаштириш учун (4) ифодадаги ҳарорат фаркини ортириш керак ( $t_{ж1} - t_{ж2}$ ), ёки иссиқлик ўзатиш термик каршилигини  $R_K$  камайтириш керак. Иссиқлик элтувчиларнинг ҳароратси технологик жараён билан мослашган, шунинг учун уларни ўзгартириш иложи йук.

Термик каршилиқни камайтириш учун иккинчи юзани кобиргали қилинади. Бунда  $F_2$  майдон катталашганлиги сабабли термик каршилиқ  $R_{\alpha 2} = \frac{1}{\alpha_2 F_2}$  камаяди, шунга муваффик  $R_K$  камаяди.

Иссиқлик ўзатиш коэффициентини катталаштириб ҳам шунга ухшаш натижага эришиши мумкин, аммо бунга кушимча энергия сарфи талаб қилинади (иссиқлик элтувчининг оқиш тезлигини ошириш учун).

## **13. Маъруза. Ёнилги ва ёниш назариясининг асоси**

Режа

1. Ёқилгининг таркиби ва тавсияномаси.
2. Ёниш жараёни.

Ёнилги деб ёнишда иссиқлик чиқарадиган усимлик колдикларидан пайдо бўлган углеродли ва углеводородли моддаларга айтилади. Ерда ҳамма ёқилгиларнинг асосий манбаи куёш ҳисобланади. Куёш энергиясининг нурланиш бир йилда ерда 19500 триллион тонна шартли ёқилгига эквивалентдир.

Бу энергияни маълум миқдори усимликлар томонидан фойдаланилади ва буни таъсири остида углекислоталардан улар туқимасини куради.

#### *Ёқилгининг таркиби ва тавсифномаси.*

Ёқилгининг ёнувчи массасига углерод, водород ва учувчи олтингугурт киради. Ёқилгининг асосий элементи бўлиб углерод ҳисобланади. Каттик ёқилгида углероднинг миқдори 50 дан 95% гача, Водород 1 дан 65% дан олтингугурт 0 дан 8 % гача бўлади.

Бу курсатилган элементлардан ташқари ёнилги таркибига ксилород( усимлик клеткасида келиб тушади), маълум миқдорда азот, (каттик ёнилгида 1% ошмайди) ҳамда хул ва намлик бор. Кул миқдори 1-2% дан ошмайди. Намлик миқдори 1 % дан 60% гача ва ундан юқори бўлиши мумкин.

Намлик ташқи ва гигроскопик турларга бўлинади. Ташқи намлик ёмгир, кордан кушилиши мумкин. Гигроскопик намлик ёнилгининг углеродланиш даражасига ва каллоидланиш талабига боғлиқ.

Ёнилгининг химиявий таркиби қуйидагига ифодаланади.

$$C^r + H^r + O^r + N^r + S_r^r = 100\%$$

Ишчи ёнилгининг химия таркиби

$$C^p + H^p + O^p + N^p + S_p^p + A^p + W_p = 100.$$

Ёнилгида нам бўлмаса курук дейилади, унинг таркиби

$$C^c + H^c + O^c + N^c + A^c = 100\%$$

Фомулалардаги индекслар ёнилгини қайси турга таълуқлигини билдиради.

Ёнилгининг тавсифномаси бўлиб ёниш ҳарорати ҳисобланади, яъни 1 кг ёнилги ёндирилганда қанча миқдорда иссиқлик чиққанлигини характерлайди. Торф - 2350 ÷ 10000 кдж/кг, Тош кумир 15,8 - 23 минг кдж/кг иссиқлик чиқади. қанчалик кам иссиқлик чиқарса шунга ёқилги сарф куп бўлади. Ёқилгида хул ва намлик куп бўлса шунчалик кам иссиқлик чиқаради.

Ёқилгини юқори ва қўйи ёниш иссиқлиги фарқ қилинади. 1 кг ёқилгини ёнишда олинган иссиқлик миқдори буғга айлантириш учун кетган иссиқлиги ишчи ёқилги массасида қуйидагича боғланган.

$$Q_n^p = Q_B^p - 224H^p - 25W^p \text{ кдж/кг}$$

Ёқилгини ёниш иссиқлик миқдорини калориметрлаш йули билан ёки формула ёрдамида аниқлаш мумкин. Бу каттик ва суюк ёқилгилар учун Д. И. Менделеев формуласи билан аниқланади.

$$Q_n^p = 338C^p + 1025H^p + 1085(O^p - S_p^p) - 25W^p \text{ кдж/кг.}$$

Шартли ёқилги учун ёниш иссиқлиги 29300 кдж/кг тенг бўлган ёқилги кабўл қилинган.

1. Гумуслардан ҳосил бўлган (чириндидан),
2. Бир клеткали сув усимликларидан ҳосил бўлган (боткокликларда)
3. Гумус ва бир клеткали сув усимликларидан
4. Бир клеткали усимлик ва гумус колдикларидан ташқил топган ёнилгиларга бўлинади.

Хар бир синф яна уч синфларга бўлинади:

Торф, кулранг ва тош кумирларга ва бўлар ҳам яна бўлиниб кетади.

#### *Ёниш жараёни.*

Ёқилги билан ҳаво ксилородини химиявий бирикишини ёқилгини ёниши деб юритилади. Бунда ёниш даврида интенсив равишда иссиқлик ажралиши ва ҳароратни кўтарилиши кўзатилади.

1 кг ёқилгини ёкиш учун зарур бўлган кислород миқдорини ушбу формула билан аниқланади:

$$G_{O_2} = \frac{2,68C^p + 8H^p + S^p - O^p}{100} \quad Q_2 / \text{кг} \quad \text{ёқилғи}$$

1 кг ёқилгини ёндириш учун керак бўлган ҳаво миқдори қуйидагига тенг.

$$V_B = 0,089C_p + 0,266H_p + 0,033(S_n^p - O^p) \text{ нм}^3 \text{ ҳаво.}$$

#### 14. Маъруза. Козон қурилмалари

Режа

1. Умумий маълумотлар.
2. Козон конструкциялирини ривожланиши.
3. Буғ казоннинг иссиқлик баланси. ФИК

Ёқилгини ёкишда ажралиб чиққан иссиқлик ҳисобга юқори босим остидаги иссиқ сув ёки буғ олиш учун мулжалланган қурилмага козон агрегатлари дейилади. Улар буғ козонлари ва сув иситувчи козонларга бўлинади. Печкалардан чикувчи газ ҳароратидан фойдаланиб ишлайдиган козон агрегатлари казон-ўтилизаторлари дейилади.

Козон агрегатини хавфсиз ва барқарор ишлашини таъминлаш мақсадида уни қушимча қуйидаги ёқилгини тайёрлаш ва ўзатиш, ҳаво бериш сувни тозаловчи ва берувчи, ёнган ёнилги чиқиндиларини чиқариш ва уларни қулдан ва захарли аралашмалардан тозалаш, ёқилги қолдиги қул шлақларни чиқариш учун хизмат қиладиган жиҳозлар билан таъминланади:

Козон агрегат ва қушимча жиҳозлар биргаликда казон қурилмалари дейилади. Ёқиладиган ёқилги турига қараб айрим қушимча жиҳозлар биргаликда казон қурилмалари дейилади. Ёқиладиган ёқилги турига қараб айрим қушимча жиҳозлар бўлмаслиги мумкин.

Иссиқлик электр станцияларини турбинасини буғ билан таъминловчи казон қурилмалари ишлаб чиқариш ва иситиш учун ҳам мулжалланган бўлиши мумкин.

Козон қурилмаларини иссиқлик манбаи сифатида табиий ва суний ёқилгилар (тошқумир, нефтхимия маҳсулотларини қайта ишлангандаги суюқ ва газсимон моддалар, табиий ва домна печи газлари ва бошқалар), саноат печкаси ва бошқа қурилмалардан чикувчи газлар, қуёш энергияси, атом энергияси қўлланилади.

Чангсимон кумирда ишловчи барабанли буғ козони қурилмасининг технологик ишлаш схемаси расмда келтирилган ва қуйидагича ишлайди.

Расм. Козон қурилмасининг технологик схемаси.

Ёқилги кумир омборидан майдалангандан сунг конвейр билан кумир бункери 1 га берилади. Бундан сунг чанг тайёрлаш системасига (кумир майдалагич тегирмонга) йуналтирилади. Чангсимон

ёқилги махсус вентилятор 3 билан трубалар орқали ҳаво оқида қазон учоги 5 горелкаси 4 га берилади. Горелкага тўғловчи вентилятор 13 билан икқиламчи ҳаво ҳам берилади. (қупинча қазоннинг ҳаво қизитгичи 10 орқали). Қазонни таъминлаш учун сув унинг барабани 7 га таъминловчи насос 12 била бак 11 дан берилади. Барабанга сув беришдан олдин у қазоннинг сувли эканомайзери 9 билан қиздирилади. Сувли буғланиши трубалар системаси 6 дан буғ қизитгич 8 га ўтади, сунгра истеъмолгача йуналтирилади.

Ёқилги - ҳаво аралашмаси учоғда юқори ҳароратли (1500°C) аланга ҳосил қилиб ёнади ва труба 6 га иссиқлик нурини беради. Бу қизиган буғлантирувчи юзани экран ҳам дейилади. Маълум қисм иссиқлиги экранга бериб, ўтхона газлари 1000°C ҳарорат билан буғ қизитгични камрайди. Сунгра ёнган махсулотлар сув эканомайзери 9, ҳаво исистгич 10, орқали ўтиб қазонни 100°C дан озгина ортивчи ҳарорат билан тарк этади. Қазондан чиқаётган газ қулдан қул тўтувчи қурилма 15 билан тозаланади ва тўтун сурвуги 16 орқали мурын 17 билан атмосферага чиқариб юборилади. Ушлаб қолинган чангсимон қул ва учоғни тагига тушган шлак қаналлар бўйига сув оқими билан чиқариб юборилади. Ҳосил бўлган аралашма насос 18 билан трубалар орқали чиқариб юборилади.

### *Қазон конструкцияларини ривожланиши*

Бу қазонларни ривожланиши иш унумини ишлаб чиқарилаётган буғ ўлчамларини, мустаҳкамлигини ва хавфсизлигини ФИК ошириш ва ҳар бир тонна ишлаб чиқарилаётган буғга тугри келадиган метал-конструкциясининг оғирлигини камайтиришга йуналтирилган. Бу вазибалар қизиш юзасини ошириш ва барабанни қизийдиган зонада олиб чиқиш йули билан амалга оширилган.

Буғ қазонларнинг қуйидаги нусхалари бор.

- |                          |                               |
|--------------------------|-------------------------------|
| а) Оддий цилиндрик қазон | б) Бир неча қия трубали       |
| 1) барабан               | сувтрубали қазон.             |
| 2) учок                  | 3-қайнатувчи трубалар туп-    |
|                          | лами, 4- тушурувчи труба, 5 - |
|                          | коллекторлар.                 |

- 5 - коллекторлар (иситувчи юза трубаларни бирлаштирувчи);
- 6 - сув эканомайзери;
- 7 - қазон газ йулларидаги тусик.
- в) икки барабанли вертикаль - сувтрубали қазон.

Ҳозирги замон қазон агрегатларида асосий сув оқими - сув буғ аралашмаси - буғ ҳакати схемаси.

а) табиий айланиш б) куп марталаб в) тугри окимли  
мажбурий айланиш

1. Таъминловчи сув; 2-барабан; 3-қизитилмайдиган тушувчи труба; 4 - пастки колектор; 5-қизитиладиган кўтарувчи насос 6- туйинган буғни олиш; 7-айлантирувчи насос; 8- парлантирувчи юза; 9-таъминловчи насос; 10-қизитиладиган юзанинг экономайзер кисми; 11- қизитиладиган юзанинг буғ қиздирадиган кисми; 12-қизиган буғни олиш.

Хозирги пайтда чиқарилаётган энг йирик қазонлардан энергетик қазонлардир. Уларни иш унуми 3950 т/с, (1097 кг/с), таъминланадиган турбиналарнинг қуввати 1200 МВт гача, буғ босими 25 МПа, қизиган буғ ҳарорати 500°С гача.

Козонларни марқалаш.

Е-420-140ГМ; Е-табиий айланадиган; 420-иш унуми т/ч; 140 буғ босими кгс/см<sup>2</sup>; Г-газ билан М-мазўт билан ёндириладиган.

Биринчи белги П бўлса - мажбурий айлантириш бўлади. Комбинированний ёқилги билан ёқиладиган бўлса "К" харфи қўйилади.

#### *Буғ қазоннинг иссиқлик баланси. ФИК*

Буғ генераторининг иссиқлик баланси келтирилган ва сарф қилинган иссиқлик миқдори билан характерланади.

Қазон агрегатларига киритилган ҳамма иссиқлик миқдорини ихтиёримизда бўлган иссиқлик дейилади.

Қазоннинг иссиқлик баланси тенгламаси қуйидагига тенг:

$$Q_{\text{иx}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6$$

Бу ерда  $Q_1$  - фойдаланилган иссиқлик;

$Q_2$  - газ билан чиқиб кетаётган иссиқлик сарфи;

$Q_3$  - ёқилгини тўлик химиявий ёнмаганлигидан келиб чиқадиган иссиқлик;

$Q_4$  - ёқилгини механик ёнмаганлигидан иссиқлик сарфи;

$Q_5$  - уоч тусиклари ва конвектив газ йуллари орқали йукотилган иссиқлик сарфи;

$Q_6$  - шлак билан чиқиб кетадиган иссиқлик сарфи.

Иссиқлик баланси тенгламаси % ларда қуйидагича ёзилиши мумкин:

$$100 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6$$

Қазон агрегатларининг ФИК қуйидагига тенг

$$\eta_{\text{к.а}} = \frac{Q_1 \cdot 100}{Q_{\text{аx}}} = q_1 \quad \text{ёки}$$

$$\eta_{\text{к.а}} = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6)$$

Қазон агрегатларида фойдаланилган иссиқлик миқдори ушбу ифодадан топилади.

$$Q_1 = \frac{1}{B} \left[ D(h_{\text{не}} - h_{\text{нВ}}) + D_{\text{нр}}(h' - h_{\text{нВ}}) + \right. \\ \left. + D_{\text{нас}}(h'' - h_{\text{нВ}}) + D_{\text{Вн}}(h''_{\text{Вн}} - h'_{\text{Вн}}) \right]$$

Бу ерда

$D$  - қазон агрегатининг иш унуми;  $B$  - ёқилги сарфи;

$D_{\text{нр}}$ ,  $D_{\text{нас}}$ ,  $D_{\text{в.п}}$  - хайдовчи сув, туйинган ва икқиламчи қизитилган буғ сарфи;

$h_{\text{не}}$ ,  $h''$ ,  $h_{\text{нВ}}$ ,  $h'$  - қизиган, туйинган буғ, таъминловчи ва хайдовчи сув энтальпияси;

$h_{\text{Вн}}$ ,  $h'_{\text{Вн}}$ , - оралик буғ тўтгичи киришдаги ва чиқишдаги икқиламчи буғ энтальпияси.

Юқоридаги ифодаланган ёқилги сарфини аниқлаш мумкин.

$$B = \frac{D(h_{ne} - h_{nB}) + D_{np}(h' - h_{nB}) + D_{nac}(h'' - h_{nB}) + D_{Bn}(h''_{Bn} - h'_{Bn})}{Q_p \cdot \eta_{k.a}}$$

Хозирги замондаги казонлар энг такомиллашган агрегатлар ҳисобланади, уларнинг ФИК 90% дан ортади.

## 15. Маъруза. Иссиқлик генераторлари, сув иситгичлар, газ билан иситиш приборлари

Режа

1. Иссиқлик генераторлари.
2. Сув иситгичлар.
3. Газ билан иситиш приборлари.

Кишлоқ хужалигида ҳаво билан иситиш ва теплицяларни шамоллатиш парандачилик фермаларида, ремонт устахоналарида, гараж ва бошқа ишлаб чиқариш ва хизмат биноларида кенг қуланилади. Бунинг учун буғ ва сув каларифер қурилмаларидан фодаланилади. Улар иссиқлик этувчини казонлардан ва иссиқлик генераторлардан олади. Иссиқлик генераторларини хар-ҳил кишлоқ хужалик экинларини қуритишда ва қуринишда учун ҳам ишлатилади. Бўлар ўтларни ва хоналарни актив шамоллатади. Иссиқлик генераторлари дизел ёқилгиси билан ишлайди. Иссиқлик генераторлари, стационар, кўчма типларга бўлинади. Стационар иссиқлик генераторларидан ТГ-75А, ТГ-150Л, ТГ-1А, ТГ-2,5 ва ТГ-3,5 купрок қўлланилади. ТГ-75А ва ТГ-150А иссиқлик генераторлари сув иситгич билан таъминланган. Бу иситиш билан бирга иссиқ сув билан бирга иссиқ сув билан таъминлаш имкониятини ҳам беради. ТГ-75А 1 соатда 100Л сувни иситади, ТГ-150А-200Л.

ТГ-1А, ТГ-2,5А, ТГ-3,5 иссиқлик генераторлари тўлик автоматлаштирилган колакт енгил, бир-биридан иссиқлик ишлаб чиқариш қуввати габирити билан фарк қилади.

Автоматик генераторлар  
кул билан бошқарилиши  
ҳам мумкин.

Технологик ишлаш схемаси.

Стационар иссиқлик генераторлари билан бир каторда кучма иссиқлик генераторлари ҳам бошқоқли донларни макка ва бошқа кишлоқ хужалик экинларни қуритиш учун ишлатилади. Уларни иситиш ва шамоллатиш (хона ва теплицяларни) учун ҳам фойдаланиш мумкин.

ТГП - 400, ТГП-1000 кучма иссиқлик генераторлари тўзилиши ва ишлаши бўйича ТГ-1А ва ТГ-2,5 иссиқлик генераторларига ухшаш, аммо иш унуми юқори, огирлиги кам. Кучириш учун гилдирак ва ченалари бор.

ТГП - 400 - иссиқлик қуввати 116,3 КВТ 1соатда 6000 м<sup>3</sup> ҳаво иситади, температураси 45<sup>0</sup>С, еқилги сарфи 12 кг/соат, огирлиги 300 кг ТГП-1000 - иссиқлик қуввати. 250,8 квт, 1 соатда 15500 м<sup>3</sup>, t=45<sup>0</sup>с. Q=10, кг/соат: огирли 850 кг

*Сув иситгичлари*

Махаллий иситиш ва сув билан таъминлаш системаларида газ билан сув иситувчи қурилмалар қуланиб келишмоқда. Автоматик газ билан сув истувчи (АГВ) учта модификатция билан чиқарилади: АГВ - 50М, АГВ-80М, АГВ-120 маркасига мувоффиқ 50, 80, ва 120 л ҳажмига эга. Бўлар бир-биридан иш унуми габарит ва автоматикани айрим элементи билан фарк қилади.

Ишлаши автоматлаштирилган, терморегуляторлар ҳил температурани таъминлайди. АГВ-50М - иссиқ қувват 4,88 квт, 20 дан 80<sup>0</sup> гача

55 минўт, иситадиган хона майдони 30-40 м<sup>2</sup> ФИК-70 огирлиги 70 кг, АГВ 80М, 5,23 квт, 70мин, 50-60 м<sup>2</sup> ФИК-75% огир-84 кг, АГВ-120м - 10,47 квт, 60 мин, 75-85 м<sup>2</sup> 75%, 100 кг.

#### *Газ билан иситиш приборлар.*

Махалий иситиш системаларида иссиқлик манбаи сифатида хар ҳил газ билан иситиш приборлари куланиши мумкин.

Газ билан иситадиган "Огонёк" прибори майдони 20 м<sup>2</sup> бўлган хоналарни иситиш учун мулжалланган.

1. Кобук.
2. Иссиқлик алмашувчи,
3. Герметикланган куриш ойнаси,
4. Горелка
5. Оёкча
6. Бетон панжара
7. Шамолга карши шиток
8. Бетонли кўти.

#### Газ билан иситиш прибори

Газли глазок орқали ёндирилади. Прибор автоматик курилма билан таъминланган.

Иссик куввати 1860 Вт, иситиш ҳарорати, чикишда 70°C, ФИК,- 80 %, огирлиги 70,6 кг.

Салкет бу прибордан ташқари газли конвекторлар каминлар, инфра кизил нурланувчи газ горелкаларини чикаради. Бўлар ҳам кичик хоналарни иситиш учун мулжалланган.

### **16. Маърўза. Компрессорлар**

#### Режа

1. Поршенли компрессорлини ишлаш принципи.
2. Компрессор машиналарнинг ўлчамлари.
3. Куп боскичли компрессорлар.

Компресор деб газларни сиқиш ва жойларини ўзгартириш учун мулжалланган машиналарга айтилади.

Вазифасига караб компрессорлар ҳаво ва газ (кислород) компрессорларига бўлинади. Умумий аҳамиятга эга бўлган ҳаво компрессорлари куп тарқалган. Бу машиналар босими 5.0 МПа гача бўлган сиқилган ҳаволарни ишлаб чикарилади.

Сиқилган ҳаво халк хужалигининг хар ҳил тармоқларида кенг қўлланилади. Масалан металлургия саноатида, нефть саноатида, газтрубинали курилма ва реактив двигателлар. Бундан ташқари сиқилган ҳаво поршенли ички ёнув двигателларида пуркаш, юргизиш, тозалаш учун ишлатилади. Энергитика соҳасида қазонларнинг ўтин хонасида ҳайдаш учун қўлланилади. Сочилувчи моддаларни транспортировка қилиш, материалларни аралаштириш учун, чангларни сепорация қилиш учун ва бошқа куп жараёнларда қўлланилади.

Газ (кислород) компрессорлари ўзига хос группани ташқил қилади, яъни ишчи органлари махсус мойловчи материалларни ва кислородни тиркишлардан чиқиб кетмаслиги учун алоҳида зичлагичлар талаб қилади.

Ишлаш принципи бўйича поршенли (ҳажми) компрессорларга ва труба компрессорларга бўлинади.

Поршенли компрессорларда босимни ортиши ичида газ бўлган ёпиқ мухитда ҳажми камайиши ҳисобиги амалга ошади (поршен, цилиндрда) кисилганда газ амалда кўзгалмайди ва унда инерция кучлари ҳосил бўлмайди. Бу машиналарнинг характерли жойи шундаки ишчи жараён даврийдир.

Турбокомпрессорларда сикиш газ окимининг инерция кучидан фойдаланиш ҳисобига амалга ошади. Бундай машиналарда энергияни ўзгартиришни шартли икки босикчга бўлинади: 1) Биринчи боскичда газга энергия берилади (айланувчи лотатали аппарат билан); 2) Иккинчи боскичда газ окими тормозланади ва унинг кинетик энергияси потенциал энергияга айлантирлади.

Иккала боскич ҳам бир вақтни ўзида содир бўлиши мумкин. Бу машинанинг характерли хусусияти шуни ишчи жараён тухтовсиз бўлади.

Турбокомпрессорлар ҳаво окимини ҳаракат йуналишига қараб марказдан қочма ва уқий бўлиши мумкин. Марказдан қочма машиналарда оким ҳаракати радиал бўлади (марказий айланувчи ишчи гилдиракларнинг четига тамон). Уқий машиналарда ҳаво окими аракати ишчи гилдиракнинг айланиш уқи буйлаб юборилган бўлади.

Турбокомпрессорлар газ босимини орттириш даражаси бўйича қуйидагиларга бўлинади:

- 1) Вентиляторларга ( $\pi_k \leq 1,15$ );
- 2) Хайдовчи ёки газпурковчи ( $\pi_k > 1,15$  совўтиш бўлмаганда);
- 3) Компрессорларга ( $\pi_k >$  совўтиш бўлганда).

Сиқилган газни олиш жуда энергия куп сарфланадиган жараёндир. Компрессорларни ҳаракатга келтириш учун.

### *Поршенли компрессорни ишлаш принципи.*

қуйидагича: поршен чапдан унғ тамонга ҳаракатланганда цилиндрдаги босим камаяди ва бу босим камайиши ҳисобига сурувчи клапан очилади цилиндр газ билан тўлади, суриш индикатор диаграммасида 4,1 линияси билан характерланади.

Поршен қайта ҳаракат қилганда сурувчи клапан ёпилади ва газ 1,2 линия бўйича сиқилади. Цилиндрдаги босим  $P_2$  - босимдан катта бўлгани қадар ортиб боради. Бу босим фарқи ҳисобига чиқарувчи (хайдовчи) клапан очилади ва поршен билан газ тармоқга чиқариб юборилади (23 линия). Сунгра хайдовчи клапан ёпилади ва ҳамма жараёнлар қайтарилади.

Индикаторли диаграммани Р᠑ диаграмма билан аралаштириб юбормаслик керак. Р᠑ диаграмма модда сони доимий бўлган ҳол учун қурилади.

Индикатор диаграммадаги 4,1 сурувчи ва 2,3 хайдовчи линиялар термодинамик жараён характерламайди, чунки ишчи тананинғ ҳолати доимий қолиб, факат унинг сони ўзгармоқда.

килограмм газни сикиш ва уни ўрнини ўзгартириш учун  $\ell_k$  иш сарфланади, буни миқдори қуйидагига тенг

$$\ell_k = (h_2 - h_1) + (c_2^2 - c_1^2)/2 + q_{\text{ташк.}}$$

Бу ерда  $(h_2 - h_1)$  - энталпия фарқи  $(c_2^2 - c_1^2)/2$  - кинетик энергия,  
 $q_{\text{ташк.}}$  - совўтишга кетган.

Индикатор диаграммадаги 4321 майдон  $l_k$  ишни изохлайди. Компрессорда сарфланаётган техник иш сикиш жараённинг характерига боғлиқдир. 2 - расмда изотермик ( $n=1$ ), адиабатик ( $n=k$ ) ва политрон сикиш жараёни курсатилган.

2 - расм.

Изотерма бўйича сикиш энг кам майдонни беради, яъни энг кам иш сарфланади.

Демак, компрессорда изотермик сикишни қўлллиниш энергетик жиҳатдан фойдалидир.

Сикишни изотермик жараёнга яқинлаштириш учун компрессорда сиқилган ҳавони температурасини олиб туриш керак. Бунга цилиндр ташқи юзасини сув билан совўтиш эвазига эришилади. Аммо амалда газни сикиш политрон жараён бўйича бўлади. (курсаткичи  $n=1,18 \div 1,2$ ),  $n=1$  курсаткичи таъминлашни иложи бўлмайди.

Идеал компрессорни ҳаракатлантириш учун кетган назарий ушбу теғлиқдан топилади:

$$\ell_k = \frac{n}{n-1} p_1 v_1 \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right]$$



Компрессордаги газни сарфини  $m_1$  кг/с билан белгиласак компрессорни ҳаракатга келтириш учун сарфланган назарий қувват қуйидагига тенг бўлади:

$$N_n = m \frac{n}{n-1} p_1 \vartheta_1 \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right]$$

#### *Компрессор машиналарининг ўлчамлари*

Компрессорнинг асосий ўлчамларига газни, ҳавони, бериш, охириги босим, валдаги қувват ва ФИК киради.

Бериш деб вақт бирлигида компрессор билан берилаётган газ миқдорига айтилади. Ҳажмий  $V_0$  м<sup>3</sup>/с, оғирлик бўйича бериш  $m$ , кг/с мавжуд.

Поршенли компрессорлар газларни 80 МПа гача сиқиш мумкин марказдан кочма компрессорлар одатда 4,0 Мпа босим беришга тайёрланади, уқий компрессорлар 0,8 МПа босим беради.

Компрессорнинг индикаторли қуввати индикаторли иши бўйича ҳисобланади.

$$N_i = m l_{ki} = \rho_o V_o l_{ki}$$

Бу ерда  $\rho_o$  - газ чизлиги, кг/м<sup>3</sup>;

$V_o$  - ҳажмий бериш, м<sup>3</sup>/с,

$l_{ki}$  - индикаторли иш.

Поршенли компрессорларда индикаторли ишни индикаторли диаграммадан олинади.

Турбо компрессорларда индикаторли қуввани техник қийинчиликлар бўлгани учун валдаги қувват орқали олинади, яъни

$$N_i = N_e - N_{\max} = \eta_{\max} \cdot N_e$$

Бу ерда  $N_e$  - валдаги қувват,  $N_{\max}$  = машина ўзелларида ишқаланишга сарф бўлган қувват.

Турбо компрессорда ФИК 0,85÷0,995 н.и, поршенли компрессорда 0,95÷0,95 тенг.

Сиқилган газ, ҳаво ишлаб чиқаришнинг иктисодий курсаткичларидан бири амалдаги солиштирма энергия сарфидир.

$$\eta_e = \mathcal{E} / V_\tau$$

бу ерда  $\mathcal{E}$  - умумий энергия сарфи;

$V_\tau$  - ишлаб чиқилган газ ҳажми, м<sup>3</sup>,

Сиқилган ҳавонинг ўртича таннари

$$C = \frac{A}{V_\tau}$$

бу ерда  $A$  - газ ишлаб чиқариш учун кетган доимий ва ўзгарувчан харажатлар.

Харажатлар 70 ÷ 80% электр энергиясига сарфланади.

#### *Поршенли компрессорлар*

Бу компрессорлар битта ишчи полости бўлса оддий иккита бўлса икки ёклама таъсир қилувчи дейилади.

Оддийда 1 сурувчи, 1 та чиқарувчи клапан бўлса, икки ёклама 2 та сурувчи 2 та чиқарувчи клапанлар бўлади.

#### *Қуп боскичли компрессорлар*

Юқори босимдаги ҳавони олиш учун қуп боскичли компрессорлар ишлатилади. Уларда сиқиш жараёни бир неча кетма-кет бириктирилган цилиндрларда бўлиб, уларнинг орасида ҳар бир сиқишдан сунг газ совўтилади.

Куп боскичли компрессорлар  
I-III - боскичлар, 1,2 оралик совўтгичлар.

Штрихланган майдон ютилган техник ишни билдиради.

Боскичлар сони ортиб бориши билан изотермик жараёнга яқинлашиб борилади, аммо компрессор конструкцияси мураккаб ва нархи кимматлашиб боради.

### **17- Маъруза. Бино ва қурилишларнинг иссиқлик физикаси асослари. Автокорхонанинг ишлаб чиқариш биноларининг иссиқлик физикаси**

Режа

1. Хонада иссиқлик алмашилиши.
2. Хонанинг иссиқлик йукотишини ҳисоблаш.

Хар қил аҳамиятга эга бўлган биноларда иссиқлик режими ҳавонинг ва ички юза тусиқларининг ҳарорати, намлиги ва кўзгалувчанлиги билан характерланади.

Ишлаб чиқариш биноларининг ҳаво муҳити иссиқ ёки совуқ газ сув буғлари ва чанг билан ифлосланиш таъсири остида бўлади. Бинонинг тўзувчи конструкциялари девол, тусиқлар, копламалар, пол, дераза, эшик, дарвозалар атмосфера ҳавосининг таъсиридан саклайди. Аммо ички ва ташқи ҳароратнинг фарқи таъсири остида ёзда қизийди, совуқ даврларда иссиқлигин йукотади, намлиги ошади, чидамлилиги камаяди.

Шундай қилиб ички ва ташқи муҳит орасида доимий иссиқлик, ҳаво ва нам алмашиш содир бўлади. Ташқи муҳитни бинонинг иссиқлик режимига таъсир қилиш даражаси бинонинг тусувчи конструкцияларни сифатига тугри пропорционал боғлангандир.

Бинода йил давомида керакли микроқийматни саклаш учун, материални ва ташқи тусиқ калинлигини рационал танлашдан ташқари бинони иситиш системаси, вентиляция ва ҳаво конденционери билан жиҳозланади.

Совуқ девор учун бино ичидаги ҳарорат (ҳисоблашларда) қуйидагича бўлиши мумкин:

Яшаш, бошқарув биноларида, қоровулхона  $-18^{\circ}\text{C}$  гаражларда 10, ремонт устахоналарида  $18-20^{\circ}\text{C}$ , ва хоказо.

Намлик  $50-75\%$  гача бўлиши керак, ҳавонинг алмашилиш тезлиги  $0,3$  м/с.

*Хонада иссиқлик алмашилиши*

Бинонинг ташқи юзаси ҳаводан конвектив иссиқлик оқимини ва ички тусиқлардан нурли иссиқлик оқимини кабул қилади.

$$\Phi_{\text{в}} = \alpha_{\text{к}} F (t_{\text{в}} - \tau_{\text{в}}) + \alpha_{\text{л}} F (t_{\text{к}} - \tau_{\text{в}})$$

бу ерда  $t_{\text{в}}$ -хона ҳавосининг ҳарорати,

$t_b$ -ташқи тусикнинг ички юзаси ҳарорати;  
 $t_k$ -бинонинг ички юзаси ҳарорати  
 $\alpha_k, \alpha_l$ - конвектив ва нурланиш иссиқлик алмашилиш коэффициентлари;  
 $F$  - ташқи тусик юзасининг майдони  
 Амалда ҳисоблар учун,  $t_b = t_k$  олиш мумкин.

$$\Phi_b = \alpha_b F (t_b - \tau_b)$$

$\alpha_b$ -ички тусик юзасининг иссиқлик кабул қилиш коэффициентлари.  
 Бинонинг конструкцияси тусикларидан ўтувчи иссиқлик оқими

$$\phi_{o.k} = \frac{\lambda}{\delta} (\tau_b - \tau_n) F$$

бу ерда  $\lambda$  - тусик материалнинг иссиқлик ўтказувчанлиги, Вт/м.°С  
 $\tau_n$ - тусикнинг ташқи юзасидаги ҳарорати, °С,  
 $\delta$  - тусик конструкцияси калинлиги, м  
 Куп қатламли тусиклар учун иссиқлик оқими

$$\phi_{o.k} = \sum_{i=1}^m \frac{\lambda_i}{\delta_i} F (\tau_b - \tau_n)$$

Тусик орқали стационар иссиқлик ўзатиш жараёнларида  $\phi_b = \phi_{o.k} = \phi$  кабул қилиш мумкин

$$\phi = KF (t_b - t_n)$$

$\phi$ -тусик орқали ўтувчи иссиқлик оқими;  $v_m, k$ -тусикни иссиқлик бериш коэффициентлари.

#### *Хонанинг иссиқлик йукотишини ҳисоблаш*

Хонанинг иссиқлик оқимини йукотиши унинг ҳамма ташқи тусиклари орқали йуқолувчи асосий иссиқлик оқимида ва қушимча иссиқлик йукотишдан ташқари топади.

$$\phi_{o.zp} = \sum \phi + \sum \phi_{qum}$$

Асосий иссиқлик йукотилиши

$$\phi = (1/R_0) F (t_b - t_n) n$$

бу ерда  $R_0$  - тусикнинг иссиқлик ўзатишга умумий қаршилиги;  
 $m^2 \cdot ^\circ C / \text{Вт}$

$t_b, t_n$ -ички ва ташқи ҳисобий ҳарорат;

$n$ -ташқи тусикнинг ҳолатига боғлиқ бўлган коэффициент.

Қушимча иссиқлик йукотиш асосий иссиқлик йукотишга нисбатан % ларда олинади. Унинг миқдори 5÷10 % ни ташқил қилади.

Бинонинг иситиш учун керак бўлган максимал иссиқлик оқими

$$\phi_{ис} = q_{ис} \cdot V_b (t_b - t_n) a.$$

бу ерда  $q_{ис}$ - бинони солиштирма иситиш тавсифномаси,  
 $\text{Вт}/\text{м}^3 \cdot ^\circ C$

$a$ -тугриловчи коэффициент, ҳарорат фарқини,

$q_{ис}$  -градус таъсирини ҳисобга олади

$$a = 0,54 + 22 (t_b - t_n)$$

$t_b$  - асосий хона учун ўрғича ҳисобий ҳарорат;

$t_n$  - ташқи ҳавонинг кишки даврдаги ҳисобий ҳарорати.

Бино ҳавосини вентиляция қилиш учун максимал иссиқлик оқими  $\phi_b = q_b V_b (t_b - t_{n.b})$

## Таянч сўз ва иборалар

1. Энергетик йуналиш
2. Технологик йуналиш
3. Иссиқлик бериш
4. Иссиқлик двигетеллари
5. Козон курилмалар
6. Иссиқлик самараси
7. Буғ трубиналар
8. Газ трубина
9. Компрессор
10. Оддий система
11. Ташқи мухит
12. Очиқ, Ёпиқ система
13. Газ оками
14. Идеал газлар
15. Реал газлар
16. Газларни кинетик тенгламаси
17. Газ ҳажми
18. Газ массаси
19. Ҳолат тенгламаси
20. Универсал газ доимийси
21. Темодинамиканинг I - қонуни
22. Темодинамиканинг II - қонуни
23. Ишчи жисм
24. Квазистатик жараён
25. Кайтувчи жараёнлар
26. Кайтмас жараёнлар
27. Ички энергия (газнинг)
28. Потенциал энергия
29. Ташқи энергия (газнинг)
30. Газ энтельпияси
31. Газ энтропияси
32. Иссик манба
33. Ишчи тана
34. Совук манба
35. Эквивалент
36. Цикл
37. Термик коэффицент
38. Корно цикли
39. Ўзгармас ҳажмдаги (изхорик) жараён
40. Ўзгармас босим (изобарик) даги жар.
41. Ўзгармас ҳарорат (изотермик) даги жараён
42. Адиабатик жараён
43. Политропик жараён
44. Бажарилган иш
45. Туйинган буғлар
46. қизитилган буғлар
47. Интенсивлик
48. Кайнаш
49. Зичлик
50. Сув буғи
51. Ёнилги
52. Органиқ ёқилги
53. Механиқ энергия
54. Ички ёнув двигатели
55. Адиабатик сикиш
56. Адиабатик кенгайиш
57. ИЁД цикллари
58. Сикиш даражаси
59. Тўла ҳажм (цилиндрда)
60. Термик ФИК
61. Ёниш камераси
62. Нурланиб иссиқлик алмашиш
63. Микроскопик ҳажм
64. Вакуум
65. Иссиқлик алмашиши
66. Газ алмашиши
78. Диффўзия
79. Конвектив иссиқлик алмашиш
80. Изотермик юза
81. Ҳарорат градиенти
82. Иссиқлик оками
83. Термик каршилиқ
84. Иссиқлик элитувчи
85. Экспериментал
86. Физик хусусият (суюклик)
87. Зичлик (суюклик)
88. Ковушкоклик (суюклик)
89. Иссиқлик сигими (суюклик)
90. Насос
91. Вентелятор
92. Ламинар оким
93. Турбўлент оким
94. Суюкликнинг кинематик ковушкоклиги
106. Стационар жараён
107. Ёниш жараёни
108. Козон агрегати
109. Кушимча жиҳозлар
110. Табий ёқилги
111. Суний ёқилги
112. Куёш энергияси
113. Атом энергияси

- |                                  |                             |
|----------------------------------|-----------------------------|
| 95. Чегаравий катлам (суюклик)   | 114. Горелка                |
| 96. Нурланиб иссиқлик<br>алмашиш | 115. Табий айланиш          |
| 97. Тўлқин                       | 116. Мажбурий айланиш       |
| 98. Ёруглик                      | 117. Иссиқлик куч қурилмаси |
| 99. Ютиш коэффициенти            | 118. "P9" диаграмма         |
| 100. Кайтариш<br>коэффициенти    | 119. "TS" диаграмма         |
| 101. Ўтказиш коэффициенти        | 120. Тугри цикл             |
| 102. Абсолют ок жисм             | 121. Тесқари цикл           |
| 103. Абсолют тиник жисм          | 120. Сув иситгичлар         |
| 104. Спектор жараён              |                             |
| 105. Абсолют қора жисм           |                             |

### Адабиётлар:

1. А. П. Боскаков и др Теплотехника, М. Энергоиздат 1982 й.
2. Н. Н. Лориков Обхая теплотехника (курувчи мўтахассислиги учун) М. Спрройиздет 1975.
3. И. А. Недужий, А. Н. Алабовский, Техническая термодинамика и теплопередачи, Киев 1981. ва бошка адабиётлар.
4. А. П. Боскаков "Теплотехника" М. Энергоиздат 1982 й.
5. И. Н. Суликен "Теплотехника" М. Metallургия 1973 й.
6. О.М. Рабинович "Техник термодинамикадан мисоллар тўплами" М: "Машинастроения" 1969 й.
7. Г. Л. Панкратов "Теплатехникадан масалалар тўплами "Вўс школа" 1986 й.
8. Ж. Нурматов "Иссиқлик техникаси" Тошкент. У. 1998.

## Мундарижа

|  |    |
|--|----|
| 1. Маъруза. Кириш. Асосий тушунчалар ва термодинамиканинг дастлабки ҳолати.....  | 4  |
| 2. Маъруза. Идеал ва реал газлар.....  | 5  |
| 3. Маъруза. Термодинамиканинг биринчи қонуни .....   | 8  |
| 4. Маъруза. Термодинамиканинг иккинчи қонуни .....   | 12 |
| 5. Маъруза. Карно цикллари.....  | 15 |
| 6. Маъруза. Асосий термодинамик жараёнлар.....   | 18 |
| 7. Маъруза. Реал газларнинг термодинамик жараёни.....  | 24 |
| 8. Маъруза. Иссиқлик куч қурилмаларининг цикллари .....  | 28 |
| 9. Маъруза. Иссиқлик ва масса алмашиш асослари.....  | 31 |
| 10. Маъруза. Конвектив иссиқлик алмашиш (иссиқлик бериш) ....  | 34 |
| 11. Маъруза. Нурланиб иссиқлик алмашиш .....   | 36 |
| 12. Маъруза. Иссиқлик ўзатиш .....   | 40 |
| 13. Маъруза. Ёнилги ва ёниш назариясининг асоси .....  | 41 |
| 14. Маъруза. Козон қурималари.....   | 43 |
| 15. Маъруза. Иссиқлик генераторлари, сув иситгичлар, газ билан иситиш приборлари   | 46 |
| 16. Маъруза. Компрессорлар.....  | 47 |
| 17- Маъруза. Бино ва қурилишларнинг иссиқлик физикаси асослари. Автокорхонанинг ишлаб<br>чиқариш биноларининг иссиқлик физикаси..... | 50 |
| Таянч сўз ва иборалар.....   | 52 |
| Адабиётлар:.....   | 54 |
| Мундарижа.....   | 55 |