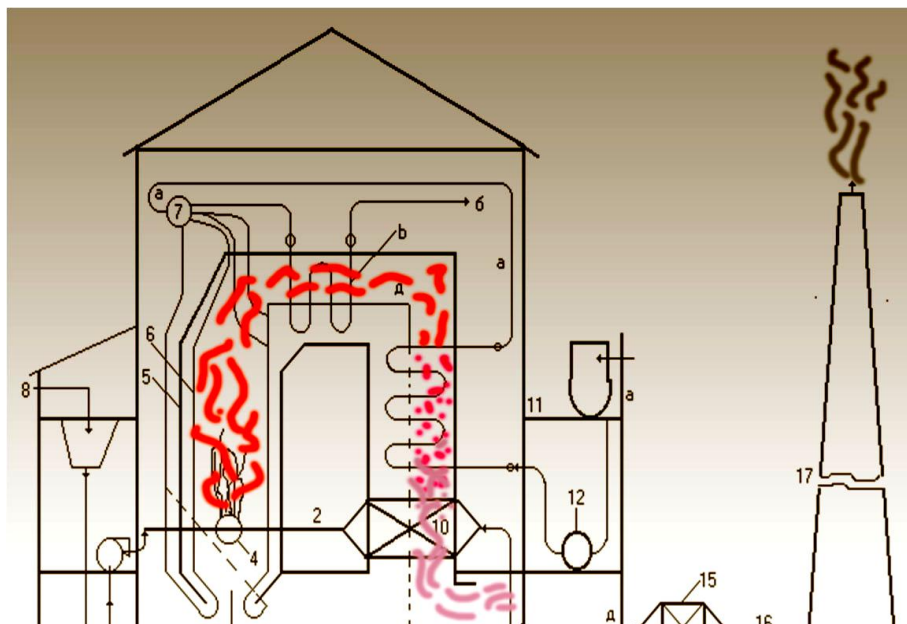


ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ҚИШЛОҚ ВА СУВ ХЎЖАЛИГИ ВАЗИРЛИГИ
Тошкент ирригация ва мелиорация институти бухоро филиали
«Гидромелиорация»
факультети
“Сув хўжалиги ва мелиорация ишларини механизациялаш”
кафедраси
«ИССИҚЛИК ТЕХНИКАСИ»
фанидан



МАЪРУЗАЛАР МАТНИ

Тузувчи:

Катта ўқитувчи Ҳ.Олимов

БУХОРО - 2015

Маърузалар матни «Сув хўжалиги ва мелиорация ишларини механизациялаш» кафедрасининг № 5 сонли йиғилишида 19 январь 2015 йил тасдиқланган.

Маърузалар матни ТИМИ Бухоро филиали услубий кенгаши томонидан тасдиқланди. № 5 сонли мажлис баёни, «21» январ 2015 йил.

Тузувчи:

катта ўқитувчи Ҳ.Олимов

Такризчилар:

Бух МТИ “Механика” кафедраси мудири
т.ф.н., доц. Муродов Ш.М.

Бухоро давлат университети
“Меҳнат таълими” кафедраси мудири п.ф.н.
Жўраев Ҳ.

АННОТАЦИЯ

Ушбу «Иссиқлик техникаси» фанидан тузилган маърузалар матни барча таълим йўналишлари талабалари учун мўлжалланган бўлиб, ўқув услубий бошқарма томонидан тасдиқланган намунавий дастур ва ТИМИ Бухоро филиали “Сув хўжалиги ва мелиорация ишларини механизациялаш” кафедраси томонидан тузилган ишчи дастурлар асосида ёзилган.

Маърузалар матнида термодинамиканинг асосий қонунлари, термодинамик процесслар, иссиқлик ва совитиш машиналари ва уларнинг цикллари, сув буғи, идеал газлар хусусиятлари, иссиқлик алмашинуви асослари ва иссиқлик алмашинуви аппаратлари баён қилинган.

Маърузалар матни бакалаврларга мўлжалланган бўлиб, ундан шунингдек бошқа йўналиш ўқувчилари ва ўқитувчилари ҳам фойдаланиши мумкин.

МУНДАРИЖА

МАЪРУЗАЛАР МАТНИ ... 1

1 – МАЪРУЗА. КИРИШ. АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР	6
1.1 КИРИШ.....	6
1.2 АСОСИЙ ТЕРМОДИНАМИКАВИЙ ҲОЛАТ ПАРАМЕТРЛАРИ	8
1.3 ТЕРМОДИНАМИКАВИЙ ПРОЦЕСС.....	10
1.4 ИДЕАЛ ГАЗНИНГ ҲОЛАТ ТЕНГЛАМАСИ	11
1.5 ИДЕАЛ ГАЗЛАР АРАЛАШМАСИ.....	13
1.6 ГАЗЛАРНИНГ ИССИҚЛИК СИҒИМИ	15
2 - МАЪРУЗА. ТЕРМОДИНАМИКАНИНГ БИРИНЧИ ҚОНУНИ	19
АДАБИЁТЛАР.....	19
2.1 ИССИҚЛИК ВА ИШ	19
2.2 ЭНЕРГИЯНИНГ САҚЛАНИШ ВА АЙЛАНИШ ҚОНУНИ	20
2.3 ИЧКИ ЭНЕРГИЯ	21
2.4 ИШНИНГ АНАЛИТИК ИФОДАСИ.....	22
2.5 ҚАЙТАР ВА ҚАЙТМАС ПРОЦЕССЛАР.....	25
2.6 ТЕРМОДИНАМИКА БИРИНЧИ ҚОНУНИНИНГ ТЕНГЛАМАСИ	25
2.7 ЭНТАЛЬПИЯ.....	27
2.8 ЭНТРОПИЯ	28
3 - МАЪРУЗА. АСОСИЙ ТЕРМОДИНАМИКАВИЙ ПРОЦЕССЛАР	32
3.1 ИЗОХОРИК ПРОЦЕСС.....	32
3.2 ИЗОБАРИК ПРОЦЕСС	33
3.3 ИЗОТЕРМИК ПРОЦЕСС.....	35
3.4 АДИАБАТИК ПРОЦЕСС.....	36
3.5 ПОЛИТРОПИК ПРОЦЕССЛАР.....	38
4 - МАЪРУЗА. ТЕРМОДИНАМИКАНИНГ ИККИНЧИ ҚОНУНИ	42
4.1 ТЕРМОДИНАМИКА ИККИНЧИ ҚОНУНИНИНГ МОҲИЯТИ	42
4.2 АЙЛАНМА ТЕРМОДИНАМИК ПРОЦЕССЛАР ЁКИ ЦИКЛЛАР	43
4.3 КАРНО ЦИКЛИ	45
4.4 ТЕРМОДИНАМИКА ИККИНЧИ ҚОНУНИНИНГ МАТЕМАТИК ИФОДАСИ	49
5 - МАЪРУЗА. СУВ БУҒИ.....	52
5.1. БУҒ ҲОСИЛ БЎЛИШ ПРОЦЕССИ	52
5.2 БУҒ ҲОСИЛ БЎЛИШ ПРОЦЕССИНИНГ p - q - ДИАГРАММАДА ТАСВИРЛАНИШИ.....	53
5.3 СУВ БУҒИНИНГ ts ВА is –ДИАГРАММАСИ	55
6 - МАЪРУЗА. ГАЗ ВА БУҒЛАРНИНГ ОҚИБ ЧИҚИШИ ВА ДРОССЕЛЛАНИШИ.....	58
6.1 АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР.....	58
6.2 БАЖАРИЛАДИГАН ИШ. ОҚИМ УЧУН ТЕРМОДИНАМИКАНИНГ БИРИНЧИ ҚОНУНИ ТЕНГЛАМАСИ	59
6.4 ДРОССЕЛЛАШ.....	62
7 - МАЪРУЗА. КОМПРЕССОРЛАР.....	65

7.1 АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР.....	65
7.2 БИР БОСҚИЧЛИ ПОРШЕНЛИ КОМПРЕССОРЛАР.....	66
7.4 КЎП БОСҚИЧЛИ ПОРШЕНЛИ КОМПРЕССОР.....	69
8 - МАЪРУЗА. ИЧКИ ЁНУВ ДВИГАТЕЛЛАРИ ЦИКЛЛАРИ.....	72
8.1 АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР.....	72
8.2 ЎЗГАРМАС ҲАЖМДА ИССИҚЛИК КЕЛТИРИЛИШИ БИЛАН БОРАДИГАН ЦИКЛ.....	74
8.3 ЎЗГАРМАС БОСИМДА ИССИҚЛИК КЕЛТИРИЛИШИ БИЛАН БОРАДИГАН ЦИКЛ.....	76
8.3 АРАЛАШ ЁНУВ ЦИКЛИ.....	78
9 - МАЪРУЗА. БУҒ - КУЧ ҚУРИЛМАЛАРИ ЦИКЛЛАРИ.....	81
АДАБИЁТЛАР.....	81
9.1 АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР.....	81
9.2 КАРНО ЦИКЛИ.....	81
9.3 РЕНКИН ЦИКЛИ.....	83
9.4 ТЕПЛОФИКАЦИЯ АСОСЛАРИ.....	86
10 – МАЪРУЗА. ГАЗ ТУРБИНА ҚУРИЛМАЛАРИ ЦИКЛЛАРИ.....	90
АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР.....	90
10.2 ЁҚИЛҒИ ЎЗГАРМАС БОСИМДА ЁНАДИГАН ГТҚ ВА.....	91
УНИНГ ЦИКЛИ.....	91
10.3 ЁҚИЛҒИ ЎЗГАРМАС ҲАЖМДА ЁНАДИГАН ГТҚ ВА УНИНГ ЦИКЛИ.....	93
11 - МАЪРУЗА. ИССИҚЛИК ЎТКАЗУВЧАНЛИК.....	97
11.1 ИССИҚЛИК УЗАТИШ АСОСЛАРИ.....	97
11.2 АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР.....	98
11.3 ИССИҚЛИК ЎТКАЗУВЧАНЛИКНИНГ АСОСИЙ ҚОНУНИ.....	100
11.4 ЯССИ БИР ҚАТЛАМЛИ ДЕВОРНИНГ ИССИҚЛИК ЎТКАЗУВЧАНЛИГИ.....	102
11.5 ЯССИ КЎП ҚАТЛАМЛИ ДЕВОРНИНГ ИССИҚЛИК ЎТКАЗУВЧАНЛИГИ.....	103
11.6 БИР ҚАТЛАМЛИ ЦИЛИНДРИК ДЕВОРНИНГ ИССИҚЛИК ЎТКАЗУВЧАЛИГИ.....	105
11.7 КЎП ҚАТЛАМЛИ ЦИЛИНДРИК ДЕВОРНИНГ ИССИҚЛИК ЎТКАЗУВЧАНЛИГИ.....	107
11.8 ШАРСИМОН ДЕВОРНИНГ ИССИҚЛИК ЎТКАЗУВЧАНЛИГИ.....	109
11.9 ИХТИЁРИЙ ШАКЛДАГИ ЖИСМНИНГ ИССИҚЛИК ЎТКАЗУВЧАНЛИГИ.....	109
12 - МАЪРУЗА. КОНВЕКТИВ ИССИҚЛИК АЛМАШИНУВИ.....	112
12.1 АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР.....	112
12.2 ИССИҚЛИК БЕРИШ КОЭФФИЦЕНТИ. КОНВЕКТИВ ИССИҚЛИК АЛМАШИНУВИ ДИФФЕРАНЦИАЛ ТЕНГЛАМАСИ.....	116
12.3 ЎХШАШЛИК НАЗАРИЯСИ.....	119
12.4 ЭРКИН ВА МАЖБУРИЙ ҲАРАКАТЛАНИШДА ИССИҚЛИК БЕРИЛИШИ.....	122
13 - МАЪРУЗА. НУРИЙ ИССИҚЛИК АЛМАШИНУВИ.....	126
АДАБИЁТЛАР.....	126
13.1 АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР.....	126
13.2 ИССИҚЛИК НУРЛАНИШНИНГ АСОСИЙ ҚОНУНЛАРИ.....	129
13.3 ЖИСМЛАР ОРАСИДА НУРИЙ ИССИҚЛИК АЛМАШИНУВИ.....	130
13.4 БИРИ ИККИНЧИСИНИ ИЧИДА ЖОЙЛАШГАН ЖИСМЛАР ОРАСИДА НУРИЙ ИССИҚЛИК АЛМАШИНУВИ.....	132
13.5 ЖИСМЛАР ОРАСИДА ЭКРАН БЎЛГАНДА НУРИЙ ИССИҚЛИК АЛМАШИНУВИ.....	134
13.6 ГАЗ ВА БУҒЛАРНИНГ НУРЛАНИШИ.....	136

14 - МАЪРУЗА. ИССИҚЛИК УЗАТИШ.....	138
АДАБИЁТЛАР.....	138
14.1 АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР.....	138
14.2 ЯССИ ДЕВОР ОРҚАЛИ ИССИҚЛИК УЗАТИШ	139
14.4 ИССИҚЛИК ИЗОЛЯЦИЯСИНИНГ КРИТИК ДИАМЕТРИ.....	144
14.5 ИССИҚЛИК УЗАТИШНИ ЖАДАЛЛАШТИРИШ	146
СИНОВ САВОЛЛАРИ:.....	148
ТАЯНЧ ИБОРАЛАР.....	148
ИССИҚЛИК УЗАТИШ, ИССИҚЛИК УЗАТИШ КОЭФФИЦИЕНТИ, ТЕРМИК ҚАРШИЛИК, ИССИҚЛИК ИЗОЛЯЦИЯСИ, КРИТИК ДИАМЕТР, КОНВЕКЦИЯ, НУРЛАНИШ, ИССИҚЛИК ЎТКАЗУВЧАНЛИК, ИССИҚЛИК ОҚИМИ, ЧИЗИҚЛИ ИССИҚЛИК УЗАТИШ КОЭФФИЦИЕНТИ.....	148
15 – МАЪРУЗА. ИССИҚЛИК АЛМАШИНУВ АППАРАТЛАРИ	149
15.1 АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР.....	149
15.2 ИССИҚЛИК АЛМАШИНУВ АППАРАТЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ МЕТОДИКАСИ.....	150
15.3 ЎРТАЧА ТЕМПЕРАТУРАЛАР ФАРҚИ	153
XVI - Б О Б	155
ЁҚИЛҒИ ВА ЁНИШ ПРОЦЕССЛАРИ	155
16.1. ЁҚИЛҒИ ҲАҚИДА УМУМИЙ ТУШУНЧАЛАР.....	155
16.3. ЁҚИЛҒИНИНГ ЁНИШ ПРОЦЕССЛАРИ.....	157
XVII - БОБ.....	162
ҚОЗОН ҚУРИЛМАЛАРИ.....	162
17.1. АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР.....	162
17.2. ҚОЗОН АГРЕГАТИНИНГ ИССИҚЛИК БАЛАНСИ	164
А Д А Б И Ё Т Л А Р.....	171

1 – МАЪРУЗА. КИРИШ. АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР

РЕЖА:

- 1.1 Кириш.**
- 1.2 Асосий термодинамикавий ҳолат параметрлари.**
- 1.3 Термодинамикавий процесс.**
- 1.4 Идеал газнинг ҳолат тенгламаси.**
- 1.5 Идеал газлар аралашмаси.**
- 1.6 Газларнинг иссиқлик сизими.**

АДАБИЁТЛАР

1. Асраев Р.А., Эфендиев А.М., Сафаров Р.Т. Иссиқлик техникаси. Бухоро 2001 й. 5-32 б.
2. Нашокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача М., 1980. 5-19 б.

1.1 КИРИШ

Иссиқлик техникаси курси бакалаврлар ва касб-хунар коллежлари учун умум техника фанлари жумласига киради.

Иссиқлик техникаси-иссиқлик машиналари, аппаратлари ва қурилмалари ёрдамида иссиқлик ҳосил қилиш, уни бошқа турдаги энергияга айлантириш, тақсимлаш, ташиш усуллари ўз ичига оладиган фан соҳаси ва техника тармоғи.

Иссиқлик ва совиқликдан фойдаланишнинг энергетикавий ва технологик тури мавжуд.

Иссиқликдан энергетикавий фойдаланиш иссиқликни механикавий ишга айлантириш жараёнларига асосланган. Иссиқликни ишга айлантиришда фойдаланиладиган иссиқлик-техникавий қурилмалар иссиқлик двигателлари дейилади. Уларга ички ёнув двигателлари, буғ ва газ турбиналари киради.

Халқ хўжалигининг энергиянинг турли хилларини ишлаб чиқариш, ўзгартириш, узатиш, тақсимлаш ва истеъмол қилиш билан шуғулланадиган тармоғи энергетика дейилади.

Замонавий энергетика асосан иссиқликни ишга ўзгартириб, ундан генераторларда электр энергияси ҳосил қилиб узок масофаларга узатишга мўлжалланган .

Инсоният жамияти ва ер шари табиати мавжудлиги ва фаолияти энергия таъсири туфайлидир, яъни энергиянинг бир турдан бошқа турга ўзгариб туришига асосланган. Табиатнинг фундаментал қонуни бўлган энергиянинг сақланиши ва бир турдан иккинчи турга ўзгариб туриши 18-асрдаёқ кашф қилинган.

Улар орасидаги боғланишлар миқдор ва сифат кўрсаткичлари, энергия баланси ва турлари орасидаги нисбатлар, уларнинг ҳозирги пайтдаги ўзгариб бориши, келажакда содир бўлиши мумкин бўлган муаммолар ва истикболларни ўрганиш долзарб вазифаларидан бири.

Кадрлар тайёрлаш бўйича қабул қилинган Миллий дастур таълим тизимини тубдан ислохот қилиш, янги замонавий касб-ҳунар коллежлари барпо қилиш уларда барқарор тараққиётга эришиш мақсадида ўтказилаётган иқтисодий ислохотларни амалга оширувчи етук мутахассис кадрларни тайёрлашни устивор вазифа қилиб қўйди.

Ушбу маърузалар матни тўғрисидаги фикр ва мулохазаларингизни Бухоро озиқ - овқат технологияси институти "Транспорт воситаларидан фойдаланиш ва иссиқлик техникаси" кафедрасига юборишингизни сўраймиз ва олдиндан миннатдорчилик билдирамыз.

Техникада сунъий совитиш деганда атроф-муҳит температурасидан паст температура олиш ва уни технологик жараёнда ёки хоналарда сақлаш тушунилади.

Озиқ-овқат маҳсулотларини консервალаш учун сунъий совитишдан 100 йилдан кўпроқ вақтдан буён фойдаланилмоқда. Дастлабки совитиш қурилмалари аммиакли бўлиб, 1950 йилларда асосан улардан фойдаланилган.

Сунъий совитиш маҳсулотларни $-30-4^{\circ}\text{C}$ температураларда сақлаш имконини беради. Озиқ-овқат саноатида кенг тарқалган буғ совитиш машиналаридан фойдаланилади. Совитиш машинаси деганда совитиш объектидан иссиқликни чиқариб юбуровчи қурилмалар мажмуаси тушунилади. Совитиш қурилмаси таркибига технологик жараёнларни паст температураларда амалга ошириш учун зарур бўлган автоматика асбоблари, совитиш машинаси, қувурлар ва хоналар киради.

Ҳозирги пайтда совитиш агенти фтор, хлор ва углеводородлар бирлашиб, суюқ ва газсимон моддаларни совитиш агросаноат мажмуаларида, транспортда, савдода, кимё, металлургия, электротехника, машинасозлик, қурилиш, тўқимачилик саноатларида, медицина, радиоэлектроника, биология ва бошқа тармоқларда ҳам қўлланилади.

1.2 АСОСИЙ ТЕРМОДИНАМИКАВИЙ ҲОЛАТ ПАРАМЕТРЛАРИ

Техникавий термодинамика иссиқлик двигателларида иш билан иссиқликнинг бир-бирига айланишини ўрганиш асосида фан сифатида таркиб топди.

Иссиқлик двигателларида иссиқликни ишга ўзгартириш ишчи жисм ёрдамида амалга оширилади. Ички ёнув двигателларида ва газ трубиналарида газ, буғ трубиналарида эса сув буғи ишчи жисм ҳисобланади.

Совитиш машинасида айланаётган ишчи жисмга совитиш агенти дейилади. Энг кўп ишлатилаётган совитиш агентларига: сув, аммиак, карбонат ангидрид ва фреонлар киради.

Модда текширилаётгандаги аниқ физикавий шароитларни, бинобарин текширилаётган модда ҳолатини аниқловчи катталиклар ҳолат параметрлари дейилади.

Ҳолат параметрларига бир нечта катталиклар киради: солиштирма ҳажм, абсолют температура, абсолют босим, ички энергия, энтальпия, энтропия ва бошқалар. Ҳолат параметрларидан энг қулайи ва муҳими жисмнинг абсолют босими, абсолют температураси ва солиштирма ҳажми бўлиб, бу параметрлар асосий термодинамикавий ҳолат параметрлари дейилади.

Солиштирма ҳажм. Модданинг эгаллаган ҳажмини унинг массасига нисбати - солиштирма ҳажм дейилади:

$$\vartheta = \frac{V}{m} \quad (1.1)$$

бу ерда: V - модданинг эгаллаган ҳажми, м^3 ;
 m - шу модданинг массаси, кг

Солиштирма ҳажмга тескари катталик, яъни модда массасининг ҳажмига нисбати - зичлик дейилади:

$$\wp = \frac{1}{\vartheta} = \frac{m}{V} \quad (1.2)$$

Температура. Жисмнинг исиганлик даражасини характерловчи катталик температура дейилади.

Молекуляр - кинетик назарияга кўра жисмнинг исиганлик даражаси шу жисм молекулалари хаотик ҳаракатининг тезлигига боғлиқ. Жисмга иссиқлик берилганда молекулаларининг ҳаракатланиш тезлиги катталашади. Бунда жисм қизийди, яъни унинг температураси кўтарилади. Шундай қилиб, газнинг

температурасини газ молекулалари ўртача кинетик энергиясининг ўлчами сифатида қараш мумкин.

Термодинамикавий тадқиқотларда инглиз физиги Кельвин шкаласидан фойдаланилади. Кельвин шкаласининг ноли сифатида идеал газ молекулаларининг тартибсиз ҳаракати тўхтайдиган температура қабул қилинган: бу температура абсолют ноль дейилади. Сувнинг учланма нуқтасини (сувнинг қаттиқ, суяқ ва газсимон фазалари ўзаро мувозанатда бўладиган температура) характерловчи термодинамик температуранинг $1/273,16$ улуши 1 кельвин (К) деб қабул қилинган.

СИ да швед физиги Цельсий шкаласи (халқаро температура шкаласи) кенг қўлланилади: нормал босим остидаги музнинг эриш температураси ва сувнинг қайнаш температурасининг фарқи 100 тенг қисмга бўлинган ва унга (яъни шкаланинг 0, 01 қисмига) Цельсий градуси ($^{\circ}\text{C}$) деб ном берилган.

Абсолют термодинамик шкала (Кельвин шкаласи) ва Цельсий шкаласи бўйича олинган температуралар орасидаги боғланиш қуйидаги ифода бўйича аниқланади:

$$T = 273,15 \text{ K } t \quad (1.3)$$

бу ерда: T - абсолют температура, К;
 t -Цельсий температураси, $^{\circ}\text{C}$

Ҳолат параметри сифатида абсолют температура қўлланилади. Баъзи давлатларда бошқа температура шкалаларидан ҳам фойдаланилади. Масалан, Англия ва АҚШда Фаренгейт шкаласи (унда сувнинг музлаш ва қайнаш температуралари 32°F ва 212°F деб олинади), Францияда эса Реомюр шкаласи (0°R ва 80°R) қўлланилади.

Температурани ўлчайдиган асбобларга: кенгайиш, манометрик, қаршилик, термоэлектрик термометрлар ва пирометрлар киради. Улардан энг оддийси ва кўп ишлатиладигани шишали кенгайиш термометрлари бўлиб, уларнинг ишлаши суяқликларнинг ўз ҳажмини иссиқлик таъсирида ўзгартиришига асосланган

Босим. Идишдаги газ молекулалари тўхтовсиз ва хаотик ҳаракатда бўлади, улар бир-бири билан тўқнашиб, идиш деворига урилади ва деворга газ молекулалари зарбий кучининг таъсири сезилади. Босим-юза бирлигига нормал равишда таъсир этувчи куч билан характерланувчи катталиқ.

$$P = \frac{F_n}{S} \quad (1.4)$$

бу ерда: F_n -нормал таъсир этувчи куч, Н;
 S -сирт юзаси, м^2

1Н кучнинг куч йўналишига перпендикуляр бўлган 1м^2 юзага берадиган босими СИ да босим бирлиги тарзида қабул қилинган ва унга Паскаль (Па) деб ном берилган. Босимнинг бу бирлиги кичик бўлганлиги сабабли ҳисобларда килопаскаль ($1\text{кПа}=10^3\text{ Па}$), мегапаскаль ($1\text{МПа}=10^6\text{ Па}$) ёки бошқа ўлчов бирлигидаги бар ($1\text{бар}=10^5\text{ Па}$), мм симоб устуни ($1\text{мм. сим. уст.}=133,322\text{Па}$), мм. сув устуни ($1\text{мм. сув. уст.}=9,81\text{Па}$) ва бошқа birlikлардан фойдаланилади.

Барометрларда ўлчанадиган атмосфера босими барометрик босим дейилади ва $P_{\text{бар}}$ билан белгиланади.

Кўпчилик процесслар атмосфера босимидан юқори босимларда ўтади (қозондаги буғ босими, суюқлик устуни ҳосил қилган босим ва бошқа). Бу босимлардан ҳар қайсиси атмосфера босимига қўшимча, яъни ортиқча бўлади.

Ортиқча босим манометр билан ўлчанади ва $P_{\text{орт}}$ ёки $P_{\text{ман}}$ орқали белгиланади. Атмосфера ва ортиқча босимлар йиғиндиси тўла ёки абсолют босим дейилади.

$$P_{\text{абс}} = P_{\text{бар}} + P_{\text{ман}} \quad (1.5)$$

Агар процесслар сийракланишда (вакуумда) борса барометрик босим билан сийракланиш орасидаги айирма абсолют босимни ифодалайди:

$$P_{\text{абс}} = P_{\text{бар}} - P_{\text{вак}} \quad (1.6)$$

бу ерда : $P_{\text{вак}}$ -вакуумметр билан ўлчанадиган сийракланиш.

1.3 ТЕРМОДИНАМИКАВИЙ ПРОЦЕСС

Ҳам ўзаро, ҳам атрофдаги муҳит билан таъсирлашиб турувчи материал жисмлар тўпламини **термодинамикавий система** деб, кўриб чиқиладиган система чегарасидан ташқарида бўлган бошқа барча материал жисмларни атрофдаги ёки **ташқи муҳит** деб аташ қабул қилинган.

Термодинамикавий системага цилиндрда жойлашган ва ташқи муҳитдан поршень билан ажратилган ишчи жисм мисол бўла олади.

Агар термодинамикавий система ташқи муҳитдан идеал иссиқлик изоляцияси билан ажратилган бўлиб, улар орасида иссиқлик алмашилиши содир бўлмаса - **адиабатик система** дейилади.

Кимёвий таркиби ва физикавий хоссаси системанинг барча қисмларида бир хил ёки битта нуктасидан иккинчи нуктасига қараб узлуксиз ўзгарадиган система **гомоген система** деб аталади (масалан, сув, муз, ҳаво, газлар).

Турли физикавий хоссаларга эга бўлган, бир неча макроскопик қисмлардан иборат, бир-биридан кўринадиган қисмлари сирти ажралиб турган система **гетероген система** деб аталади (масалан сув ва муз, сув ва буғ).

Ташқи муҳит билан энергия алмашиш натижасида термодинамикавий системанинг бир мувозанат ҳолатдан бошқасига ўтиши (ҳолат параметрларидан бирортаси ўзгарса ҳам) **термодинамикавий процесс** дейилади.

Мувозанат ҳолат деганда жисмнинг барча нуқталарида босим, температура, солиштира ҳажм ва бошқа физик хусусиятлари бир хил бўлган, яъни берилган ташқи шароитларда термодинамикавий система интиладиган ҳолат тушунилади.

Система мувозанатдаги ҳолатларининг узлуксиз кетма-кетлигидан иборат бўлган процесслар **мувозанатдаги процесс** дейилади. Процесснинг ўтиши жараёнида система мувозанат ҳолатида бўлмайдиган процесс **мувозанатдагимас процесс** деб аталади.

Ҳар қандай реал процесс маълум даражада мувозанатдагимас ҳолатда бўлади. Процесснинг амалга оширилиш тезлигини пасайтириш йўли билан бу мувозанатликни камайтириш мумкин.

Процессда параметрларнинг ўзгаришини тасвирловчи чизиқ процесснинг эгри чизиғи деб аталади. Процесс эгри чизиғининг ҳар қайси нуқтаси системанинг мувозанатдаги ҳолатини характерлайди. Фақат система мувозанатдаги ҳолатларининг узлуксиз кетма-кетлигидан иборат процесслар, яъни мувозанатдаги процессларнигина графикавий тасвирлаш мумкин.

1.4 ИДЕАЛ ГАЗНИНГ ҲОЛАТ ТЕНГЛАМАСИ

Идеал газ модели ҳодисанинг содир бўлишида иккинчи даражали таъсир кўрсатадиган омилларни ҳисобга олмасдан, қуйидаги соддалаштиришлар асосида вужудга келтирилган:

1. газ молекулалари орасида ўзаро таъсирлашиш кучлари мавжуд эмас;
2. газ молекулаларининг ўлчамлари ҳисобга олмаса ҳам бўладиган даражада кичик;
3. газ молекулаларининг ўзаро тўқнашувлари худди эластик шарларнинг тўқнашувидек содир бўлади.

Реал газларнинг хоссалари юқори температура ва паст босимларда идеал газга яқин бўлади. Идеал газ моделининг киритилиши жисмнинг ҳолатини

белгилайдиган асосий термодинамикавий ҳолат параметрлари орасидаги боғланишни, идеал газ қонунлари асосида математик ифодалаш имконини беради.

Соф модданинг ҳар қандай учта ҳолат параметри (P , V ва T) ўзаро бир қиймат билан боғланган. Бу қийматларни ўзаро боғлайдиган тенглама айти модданинг ҳолат тенгламаси дейилади ва қуйидагича ёзилади:

$$F(P, V, T) = 0 \quad (1.7)$$

Идеал газнинг абсолют босими билан солиштира ҳажми кўпайтмасини абсолют температурага нисбатан ўзгармас катталиқ. 1 кг газ учун бу ўзгармас катталиқ R ҳарфи билан белгиланади ва газ доимийси дейилади:

$$\frac{PV}{T} = R \quad \text{ёки} \quad PV = RT \quad (1.8)$$

(1.8) тенглама 1 кг идеал газнинг ҳолат тенгламаси ёки Клайперон тенгламаси дейилади.

(1.8) тенгламанинг иккала қисмини m кг га кўпайтириб газнинг ихтиёрий миқдори учун ҳолат тенгламасини оламиз

$$PV = mRT \quad (1.9)$$

Газ доимийси R нинг физикавий маъносини аниқлаймиз.

$$R = \frac{PV}{T} = \frac{N}{M^2} \cdot \frac{M^3}{K^2} : K = \frac{N \cdot M}{K^2 \cdot K} = \frac{J}{K^2 \cdot K}$$

Демак, газ доимийси R 1 кг газнинг 1^0 иситилганда бажарган кенгайиш солиштира иши бўлиб, ҳар қайси газ учун ўзгармас катталиқдир.

(1.8) тенгламанинг иккала қисмини молекуляр масса μ га кўпайтириб бир моль идеал газ учун ҳолат тенгламасини оламиз.

$$PV_\mu = \mu RT \quad (1.10)$$

(1.10) тенгламадаги μR кўпайтма R_0 орқали белгиланади ва универсал газ доимийси дейилади. R_0 нинг қиймати 1 моль газнинг иситилган ҳолати учун ўзгармас катталиқдир. (1.9) ва (1.10) тенгламалар Клайперон-Менделеев тенгламаси деб аталади.

Қулайлик мақсадида R_0 нинг қийматини нормал физик шароитларда ҳисоблаймиз. Нормал шароитда, яъни $T_0 = 273,15$ К температура ва $P_0 = 101325$ Па атмосфера босимида тенг босимда ҳар қандай газнинг 1 кмоли $22,414$ м³ га тенг ҳажмни эгаллайди. $V_\mu = 22,414 \cdot 10^{-3}$ м³/моль бўлади.

Бу миқдорларни (1.10) га қўйиб универсал газ доимийсининг сон қийматини топамиз.

$$R_0 = \frac{P_0 V \mu}{T_0} = \frac{101325 \cdot 22,414 \cdot 10^{-3}}{273,15} = 8,314 \frac{\text{Ж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} = 8314 \frac{\text{Ж}}{\text{кмоль} \cdot \text{К}}$$

$\mu R = R_0$ бўлгани учун, газ доимийси R нинг қиймати қуйидагига тенг бўлади:

$$R = \frac{R_0}{\mu} = \frac{8314}{\mu} \quad (1. 11)$$

Масалан, кислород учун ($\mu_{O_2} = 32$) газ доимийси:

$$R_{O_2} = \frac{8314}{32} = 259,8 \frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot \text{К}};$$

азот учун ($\mu_{N_2} = 28, 02$):

$$R_{N_2} = \frac{8314}{28,02} = 296,8 \frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

1.5 ИДЕАЛ ГАЗЛАР АРАЛАШМАСИ

Ишчи жисм кўпинча хусусиятлари идеал газ ҳолатига яқин бўлган бир неча газлар аралашмасидан иборат бўлади.

Масалан, қозон қурилмаларидан чиқиб кетаётган ёки ички ёнув двигателларида ишчи жисм бўлган ёниш маҳсулотлари, ҳаво, табиий газ ва шу кабилар.

Ҳар қандай алоҳида газ ўзини газлар аралашмасида шундай тутадики, гуё унинг бир ўзи аралашманинг бутун ҳажмини эгаллагандек бўлади. Аралашмада ҳар бир газ ўзининг физик хусусиятларини тўлиқ сақлаб қолади ва ўзаро кимёвий реакцияга киришмайди.

Идеал газлар аралашмаси Дальтон қонунига бўйсунди: бу қонунга кўра газлар аралашмасининг босими айрим компонентлар парциал босимларининг йиғиндисига тенг:

$$P = P_1 + P_2 + \dots + P_n = \sum_{i=1}^n P_i \quad (1. 12)$$

бу ерда: $P_1, P_2, \dots, P_n$ - аралашма компонентларининг парциал босимлари.

Газлар аралашмасидаги бирор компонент аралашма температурасида бўлиб, бир ўзи шу аралашма эгаллаган ҳажмни тўлдирганда кўрсатадиган босими айна компонентнинг парциал босими дейилади.

Газлар аралашмасининг таркиби массавий ёки ҳажмий улушлар билан аниқланади.

Агар массаси m бўлган аралашма n компонентдан таркиб топган бўлса, аралашмадаги айрим компонентларнинг массавий улушлари қуйидагига тенг бўлади:

$$g_1 = \frac{m_1}{m}; g_2 = \frac{m_2}{m}; \dots; g_n = \frac{m_n}{m}; \quad (1.13)$$

бу ерда: m_1 , m_2 , m_n - аралашмани ҳосил қилувчи айрим компонентларнинг массалари.

Аралашманинг массаси айрим компонентлар массаларининг йиғиндисига тенг бўлади:

$$m = m_1 + m_2 + \dots + m_n \quad (1.14)$$

Газлар аралашмасидаги айрим компонентлар массавий улушларининг йиғиндиси бирга тенг:

$$g_1 + g_2 + \dots + g_n = \sum_{i=1}^n g_i = 1 \quad (1.15)$$

Агар n компонентдан таркиб топган аралашманинг ҳажми V бўлса, у ҳолда аралашмадаги компонентларнинг ҳажмий улушлари қуйидаги тенгликлар билан аниқланади:

$$r_1 = \frac{V_1}{V}; r_2 = \frac{V_2}{V}; \dots; r_n = \frac{V_n}{V}; \quad (1.16)$$

Газлар аралашмасидаги компонентлар парциал ҳажмларнинг йиғиндиси аралашманинг тўла ҳажмига тенг:

$$V_1 + V_2 + \dots + V_n = V \quad (1.17)$$

Газлар аралашмасидаги компонентлар ҳажмий улушларининг йиғиндиси бирга тенг:

$$r_1 + r_2 + \dots + r_n = \sum_{i=1}^n r_i = 1 \quad (1.18)$$

Массавий ва ҳажмий улушлар орасида қуйидаги боғланишлар мавжуд:

$$g_i = \frac{m_i \cdot r_i}{m} = \frac{R \cdot r_i}{R_i} \quad (1.19)$$

$$r_i = \frac{R_i \cdot g_i}{R} = \frac{m \cdot g_i}{m_i} \quad (1.20)$$

Газлар аралашмаси ҳолат тенгламаларига бўйсунди:

$$PV = mRT \quad \text{ёки} \quad PV_\mu = \mu RT$$

Аралашманинг газ доимийсини массавий улушлар орқали қуйидаги тенгликдан топиш мумкин:

$$R = g_1 R_1 + g_2 R_2 + \dots + g_n R_n = \sum_{i=1}^n g_i R_i \quad (1.21)$$

Аралашманинг ўртача молекуляр массаси:

$$\mu = \frac{R_0}{R} = \frac{8314}{\sum_{i=1}^n g_i \cdot R_i} \quad (1.22)$$

Газлар аралашмасининг таркиби ҳажмий улушларда берилган бўлса, аралашманинг ўртача молекуляр массаси:

$$\mu = r_1 \mu_1 + r_2 \mu_2 + \dots + r_n \mu_n = \sum_{i=1}^n r_i \mu_i \quad (1.23)$$

Аралашманинг газ доимийси:

$$R = \frac{R_0}{\mu} = \frac{8314}{\sum_{i=1}^n r_i \cdot \mu_i} \quad (1.24)$$

1.6 ГАЗЛАРНИНГ ИССИҚЛИК СИҒИМИ

Массалари бир хил бўлган иккита турли моддани бир хил температурага қиздириш учун турли миқдорда иссиқлик сарфлаш керак бўлади. Демак, ҳар қандай модданинг фақат шу жисмга хос иссиқлик сиғими бўлади.

Жисмнинг температурасини бир градусга ўзгартириш учун зарур бўлган иссиқлик миқдори жисмнинг иссиқлик сиғими дейилади:

$$C_x = \frac{\delta q}{\delta t} \quad (1.25)$$

Бу нисбат жисмнинг t - температурадаги ҳақиқий иссиқлик сиғимини ифодалайди.

Танланган бирликларга кўра, техникавий ҳисоблашларда қуйидаги иссиқлик сиғимлари қўлланилади:

1 кг модда массасига нисбатан олинган иссиқлик сиғими-массавий иссиқлик сиғими деб аталади. $C^i_{x, \text{ж}} / (\text{кг} \cdot \text{К})$;

Жисмнинг иссиқлик сиғимини, нормал физик шароитдаги ҳажмга нисбати-ҳажмий иссиқлик сиғими дейилади: $C_{x, \text{ж}} / (\text{м}^3 \cdot \text{К})$;

1 молга нисбатан олинган иссиқлик сиғими моляр иссиқлик сиғими деб аталади: $C_{m, \text{ж}} / (\text{моль} \cdot \text{К})$;

Иссиқлик сиғимларининг учала тури ўзаро қуйидагича боғланган:

$$C_x = C^i_x \cdot \vartheta_0 = C_m / \mu;$$

бу ерда: ϑ_0 - солиштирма ҳажм; μ -молекуляр масса.

Газсимон жисмларда иссиқлик сиғими суюқ ва қаттиқ жисмлардагидан фарқ қилиб, жисмга иссиқлик келтириляётгандаги ёки ундан олиб кетиляётгандаги жараён хусусиятига боғлиқ.

Иссиқлик техникасида ўзгармас ҳажмда ва ўзгармас босимда борадиган процесслар катта аҳамиятга эга. Процесс ўзгармас ҳажмда борганда иссиқлик сиғими изохорик дейилади ва C_v билан белгиланади, ўзгармас босимда борганда эса изобарик дейилади ва C_p билан белгиланади.

Изохорик процессда берилган барча иссиқлик температура ва босимни ортишига сарфланади. Изобарик процессда эса газга берилган иссиқликнинг бир қисми газ температурасининг кўтарилишига, иккинчи қисми ташқи иш бажаришга сарфланади. Демак, бир газнинг ўзини бир хил шароитда бир хил температурагача қиздирилганда изобарик процессда, изохорик процессдагига қараганда кўпроқ иссиқлик сарфлаш керак бўлади. Шунинг учун $C_p > C_v$ бўлади. улар орасидаги миқдорий боғлиқлик Майер тенгламасига кўра аниқланади:

$$C_p - C_v = R \quad (1. 26)$$

Амалий ҳисоблашларда ўртача иссиқлик сиғимидан фойдаланилади. Жисмга бериляётган иссиқлик миқдори q_{1-2} ни температуралар фарқи $t_2 - t_1$ га нисбати шу жисмнинг $t_1 - t_2$ температуралар оралиғидаги ўртача иссиқлик сиғими дейилади:

$$C_x \int_{t_1}^{t_2} = \frac{q_{1-2}}{t_2 - t_1} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} C_x dt \quad (1. 27)$$

Агар О дан t , $^{\circ}\text{C}$ гача ораликдаги иссиқлик сиғими жадвалларда берилган бўлса, ўртача иссиқлик сиғими қуйидаги тенгликдан топилиши мумкин:

$$C_x \int_{t_1}^{t_2} = \frac{C_x \int_0^{t_2} \cdot t_2 - C_x \int_0^{t_1} \cdot t_1}{t_2 - t_1} \quad (1. 28)$$

Термодинамикада изоборик ва изохорик иссиқлик сиғимларининг нисбати кенг қўлланилади, K ҳарфи билан белгиланиб-адиабата кўрсатгичи дейилади:

$$K = C_p / C_v \quad (1. 29)$$

Классик-кинетик назарияга кўра K -ни молекула эркинлик даражалари сонидан фойдаланиб топишимиз мумкин:

$$K = \frac{C_p}{C_v} = \frac{C_v + R}{C_v} = \frac{i + 2}{i} \quad (1.30)$$

Агар $C_x = \text{const}$ деб қабул килсак, (1.30) ифодага асосан: $i=3$ бўлганда бир атомли газ учун $K=1.66$; $i=5$ бўлганда икки атомли газ учун $K=1.4$; $i=6$ бўлганда уч ва кўп атомли газ учун $K=1.33$ бўлади.

Иссиқлик қурилмаларини ҳисоблашларда газлар аралашмасининг иссиқлик сиғимини аниқлашга тўғри келади. Аралашманинг иссиқлик сиғими аралашмани ташкил этувчи компонентларнинг иссиқлик сиғимлари билан уларнинг массавий ёки ҳажмий улушлари кўпайтмасининг йиғиндисига тенг.

Агар аралашманинг таркиби газнинг массаси бўйича берилган бўлса:

$$C_{ap} = C_{x_1} \cdot g_1 + C_{x_2} \cdot g_2 + \dots + C_{x_n} \cdot g_n = \sum_{i=1}^n C_{x_i} \cdot g_i \quad (1.31)$$

Агар аралашманинг таркиби ҳажмий улушларда берилган бўлса:

$$C_{ap} = C_{x_1} \cdot r_1 + C_{x_2} \cdot r_2 + \dots + C_{x_n} \cdot r_n = \sum_{i=1}^n C_{x_i} \cdot r_i \quad (1.32)$$

бу ерда:

C_i -аралашма компонентининг массавий иссиқлик сиғими;

g_i -аралашма компонентнинг массавий улуши;

r_i - аралашма компонентнинг ҳажмий улуши.

СИНОВ САВОЛЛАРИ:

1. Иссиқлик техникаси фанининг вазифаси.
2. Температура шкаллари орасидаги боғланишлар.
3. Абсолют босим қандай аниқланади.
4. Термодинамикавий процесс.
5. Идеал газ.
6. Ҳолат тенгламаси.
7. Газлар аралашмаси.
8. Иссиқлик сиғими.
9. Сунъий совитиш.
10. Термодинамикавий система.
11. Газ доимийсининг маъноси.
12. Ўртача иссиқлик сиғими.

ТАЯНЧ ИБОРАЛАР

Иссиқлик техникаси, энергетика, техникавий термодинамика, ўлат параметрлари, температура, босим, термодинамикавий система, термодинамикавий процесс, идеал газ, ўлат тенгламаси, газ доимийси, газлар аралашмаси, Дальтон қонуни, иссиқлик сиғими.

2 - МАЪРУЗА. ТЕМОДИНАМИКАНИНГ БИРИНЧИ ҚОНУНИ

РЕЖА:

- 2.1 *Иссиқлик ва иш.*
- 2.2 *Энергиянинг сақланиш ва айланиш қонуни.*
- 2.3 *Ички энергия.*
- 2.4 *Ишнинг аналитик ифодаси.*
- 2.5 *Қайтар ва қайтмас процесслар.*
- 2.6 *Термодинамика биринчи қонунининг тенгламаси.*
- 2.7 *Энтальпия.*
- 2.8 *Энтропия.*

АДАБИЁТЛАР

1. Нашокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача М., 1980. 45-59 б.
2. Черняк О.В. Теплотехника ва гидравлика асослари. Тошкент, 1997 й. 91-102 б.
3. Эфендиев А.М., Асраев Р.А. Иссиқлик техникасидан қисқача лекция курси. Бухоро. 1992 й. 18-31 б.

2.1 ИССИҚЛИК ВА ИШ

Иссиқлик ва иш термодинамиканинг энг муҳим тушунчаларидан биридир. Иссиқлик тушунчаси моҳиятан иш тушунчасига яқин. Иссиқлик ҳам, иш ҳам энергия узатиш шаклларидадир. Шунинг учун ҳам жисмнинг бирор иссиқлик ёки иш захираси бор деб айтишнинг ҳеч қандай маъноси йўқ. Фақат жисмга маълум миқдорда иссиқлик ёки иш берилган деб таъкидлаш ўринли бўлади.

Иссиқлик энергия узатишнинг шундай шаклики, у жисмларнинг бевосита ўзаро контаклашиши (иссиқлик ўтказувчанлик, конвекция), ёки энергияни нур ҳолида узатиш билан ифодаланади. Энергия узатишнинг бу шакли иссиқлик узатиш деб, узатилган энергия миқдори эса иссиқлик миқдори деб аталади. Бинобарин, иссиқлик миқдори ҳам энергия бирликларида ўлчаниши лозим. Шунинг учун СИ да иссиқлик миқдори жоуль (Ж) ҳисобида ўлчанади. Ихтиёрий иссиқлик миқдори $Q(Ж)$, солиштирма иссиқлик миқдори $q (Ж/кг)$ билан белгиланади. Жисм олган иссиқлик миқдорини мусбат, жисм берган иссиқлик миқдорини эса манфий деб аташ қабул қилинган.

Иш энергия узатишнинг бошқача механизмидан иборат, яъни иш доимо жисмлар ёки жисм қисмларининг макроскопик силжишлари билан боғлиқ.

Механикавий иш бажарилган ҳолда жисмнинг ҳажми албатта ўзгаради. Бу усул энергиянинг иш шаклида узатилиши, процессда узатилган энергия миқдори эса иш деб аталади. Жисмнинг иш шаклида қабул қилган энергия миқдори жисмнинг сарфланган иши дейилади.

Жисмнинг сарфланган иши манфий, бажарган иши мусбат деб қабул қилинган. Ихтиёрий миқдордаги иш шаклида узатилган энергия $L_{(Ж)}$, солиштирма иш миқдори l (Ж) билан белгиланади.

Иссиқлик миқдори ва бажарилган иш ҳолат функцияси бўлмасдан, балки процесс функциясидир. У фақат жисмнинг бошланғич ва охириги ҳолатлари билан эмас, балки жисм ҳолатининг ўзгарши амалга ошган йўл билан ҳам аниқланади. Жисмнинг ҳолати 1 дан 2 га ўзгарганда узатилган иссиқлик миқдори ва бажарилган иш термодинамик процессга боғлиқ бўлганлиги учун қуйидагича белгиланади.

$$\int_1^2 \delta Q = Q_{1-2}; \int_1^2 \delta L = L_{1-2}; \quad (2.1)$$

Демак, жисмнинг ҳолатини термодинамик процессда ўзгаришида, бир жисмдан иккинчи жисмга энергия узатилиши фақат иш ва иссиқлик шаклида бўлади.

2.2 ЭНЕРГИЯНИНГ САҚЛАНИШ ВА АЙЛАНИШ ҚОНУНИ

Энергиянинг сақланиш ва айланиш қонуни табиатнинг умумий характерга эга бўлган фундаментал қонунидир.

Бу қонунга кўра энергия йўқдан бор бўлмайди, бордан йўқ бўлиб кетмайди, бир турдан иккинчи турга ўтиб туриши мумкин, бундай ўтишда энергия бир турининг муайян миқдори иккинчи тур энергиянинг шунга тенг миқдорига айланади. Яъни, изоляцияланган ҳар қандай система ичидаги энергия миқдори ўзгармасдан сақланиб туради.

Энергиянинг сақланиши ва айланиши қонунининг умумий таърифи М. В Ломоносов томонидан XVIII асрнинг биринчи ярмида берилган.

Р. Майер 1842 йилда тажрибалар натижасида сарфланган иш L ва ҳосил қилинган иссиқлик миқдори Q орасида тўғри пропорционаллик борлигини аниқлади:

$$Q = A \cdot L \quad (2. 2)$$

бу ерда: А-ишнинг иссиқлик эквиваленти бўлиб, у иссиқлик ҳосил қилиш усули, иш тури, жисм температураси ва хоказоларга қарамасдан доимо бир хил қийматга эга:

$$A = \frac{1}{427}, \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{К} \cdot \text{М}}$$

Агар иш ва иссиқлик бир хил бирликларда ўлчанса, у ҳолда эквивалент А бирга тенг бўлиб (2. 2) қуйидаги кўринишга келади:

$$Q = L \quad (2. 3)$$

Шундай қилиб, ҳосил қилинган иссиқлик миқдорининг сарфланган иш миқдorigа эквивалентлиги кўрсатилди; иссиқлик сарфлаш ҳисобига иш бажарилганда ҳам бу муносабат тўғри бўлади.

2.3 ИЧКИ ЭНЕРГИЯ

Жисм ички энергияси - жисм молекулаларининг хаотик ҳаракати кинетик энергиялари, молекулаларининг ўзаро таъсирлашиши потенциал энергиялари, молекулаларни ташкил этувчи атомларнинг тебранма ҳаракат энергиялари, молекулалар таркибидаги атомларнинг боғланиши энергиялари ва атом ядроларининг энергиялари йиғиндиси тарзида аниқланиши мумкин:

$$U = U_{\text{кин}} + U_{\text{пот}} + U_o \quad (2. 4)$$

бу ерда: $U_{\text{кин}}$ - молекулаларнинг ички кинетик энергияси;

$U_{\text{пот}}$ - молекулаларнинг ички потенциал энергияси;

U_o - интеграллаш доимийси.

Жисмнинг тўлиқ ички энергияси U (Ж), солиштирма ички энергияси $u = \frac{U}{m}$ (Ж/кг) билан белгиланади.

Ички энергия қиймати жисмнинг массасига боғлиқ. Шунинг учун система ички энергияси система ҳар қайси қисмларининг ички энергиялари йиғиндисига тенг бўлади:

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n = \sum_{i=1}^n U_i \quad (2. 5)$$

Жисм ички энергиясининг бирор процессда ўзгариши процесснинг характериға боғлиқ бўлмасдан унинг бошланғич ва охирги ҳолатлари билан аниқланади:

$$\Delta U = U_1 - U_2 = \oint (P_2, \vartheta_2, T_2) - \oint (P_1, \vartheta_1, T_1) \quad (2.6)$$

Айланма процессларда солиштирма ички энергиянинг ўзгариши нолга тенг бўлади:

$$U_2 - U_1 = \oint du = 0 \quad (2.7)$$

Жоуль қонунига кўра идеал газ солиштирма ички энергияси босимга ва ҳажмга боғлиқ бўлмасдан фақат унинг температурасига боғлиқ бўлади:

$$U = \oint (T) \quad (2.8)$$

Агар системанинг ҳажми ўзгармасдан сақланса, яъни изохорик процесс амалга оширилаётган бўлса, у ҳолда қуйидагига эга бўламиз:

$$C_g = \frac{du}{dt} \quad \text{ёки} \quad du = C_g dt \quad (2.9)$$

Агар реал газга келсак, ички энергияси температурагагина эмас, балки ҳажмига ҳам боғлиқ бўлади.

2.4 ИШНИНГ АНАЛИТИК ИФОДАСИ

Термодинамикавий система бажарган механикавий ишни ҳисоблаб топиш учун цилиндрда поршень остидаги 1 кг газдан иборат системани кўриб чиқамиз. Унинг ҳолати P_1, ϑ_1, T_1 параметрлар билан аниқланади, бу диаграммада (2.1-расм) нукта 1 га тўғри келади.

Системага иссиқлик келтирилганда газ иссиқлик таъсирида ўзгармас босимда кенгайиб, поршенга R куч билан босим бериб уни ўнг томонга S масофага силжитади, бунда газ иш бажаради.

Поршенга газ томонидан таъсир этувчи куч миқдорий жиҳатдан $R=PF$ га тенг, бунда P - газнинг босими; F - поршеннинг юзи.

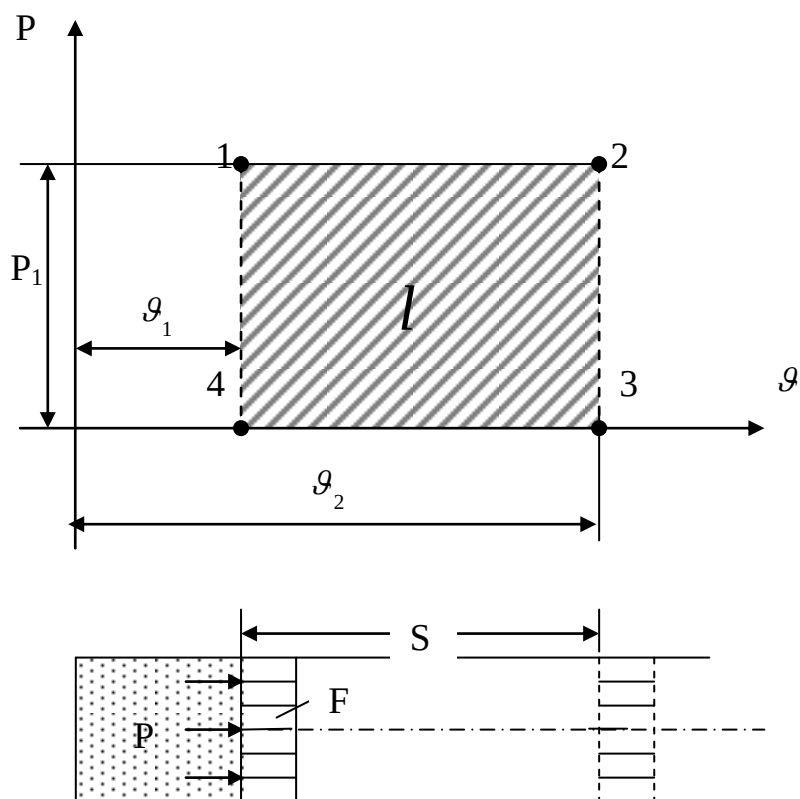
Механикадан маълумки, иш кучнинг йўлга кўпайтмасига тенг:

$$l = RS = PFS$$

Лекин поршень юзаси F нинг S га кўпайтмаси цилиндрнинг поршень бошланғич ва охириги ҳолатлари орасидаги ҳажмидир:

$$FS = (\vartheta_2 - \vartheta_1) \quad \text{ва} \quad l = P(\vartheta_2 - \vartheta_1) = p\Delta\vartheta \quad (2.10)$$

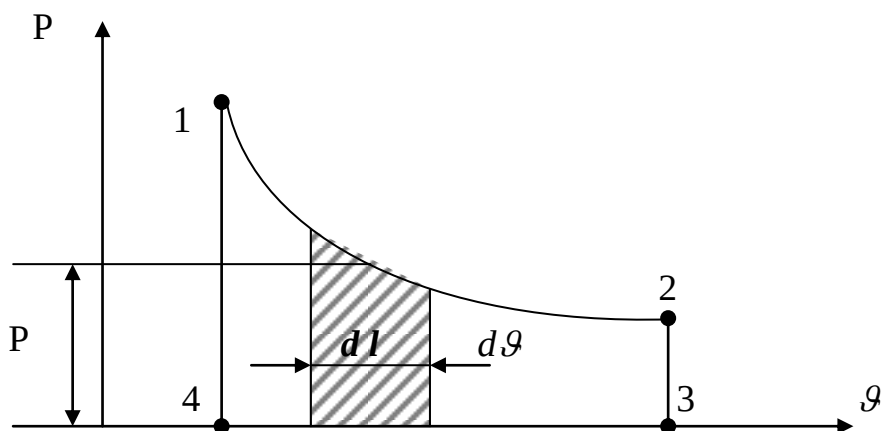
Демак солиштирма иш l $P\vartheta$ - диаграммада (2.1-расм) процесс 1-2 остидаги юзага, яъни 1-2-3-4-1 ёпиқ контўрнинг юзасига тенг.



2.1- расм .

Ҳажм ўзгариши билан босим ҳам ўзгарадиган термодинамикавий процессда (2.2-расм) 1-2 эгри чизик остидаги юза солиштирма иш миқдорини ифодалайди.

1-2 эгри чизикда газнинг кенгайишида ҳажми чексиз кичик $d\gamma$ га ўзгарадиган элементар процесс ажратамиз. У ҳолда ҳажм $\Delta\gamma = d\gamma$ қийматга



2.2 - расм.

ўзгарганда газнинг кенгайишида бажарилган иш dl (2.10) ифодага кўра қуйидагига тенг бўлади:

$$dl = p dv \quad (2.11)$$

$P\vartheta$ - диаграммада элементар иш dl чексиз кичик штрихланган трапеция юзаси кўринишида тасвирланади, бу юзанинг катталиги асос $d\vartheta$ ни P баландликка кўпайтириш йўли билан аниқланади.

Газнинг 1-2 процессда бажарган солиштирма иши бошланғич ҳажм ϑ_1 дан охирги ҳажм ϑ_2 гача чегарада олинган муайян интегралга тенг:

$$l_{1-2} = \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} p d\vartheta \quad (2.12)$$

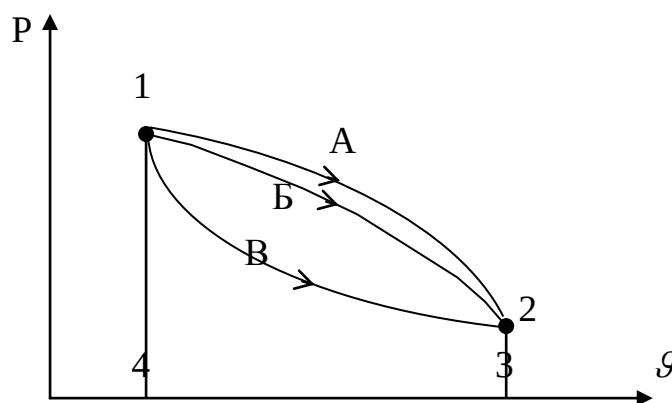
Кенгайиш ишини газнинг m кг массасига таалукли десак,

$$\delta L = PdV \quad \text{ёки} \quad L = m \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} Pd\vartheta = \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} PdV \quad (2.13)$$

Система V_1 ҳажмга эга бўлган ҳолатдан V_2 ҳажмли ҳолатгача кенгайганида система бажарадиган ишнинг катталиги бу ҳолатларнинг параметрларигагина эмас, балки кенгайиш процессининг қандай йўл билан амалга оширилаётганлигига ҳам боғлиқ. 2.3-расмда тасвирланган $P\vartheta$ - диаграммдан кўриниб турибдики, кенгайиш процесси қайси йўлдан боришига қараб интеграл

$$l = \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} p d\vartheta$$

нинг катталиги турлича бўлади.



2. 3 - расм.

1-А-2 процессда газнинг кенгайиш иши 1-А-2-3-4-1 юза билан, 1-В-2 процессда 1-В-2-3-4-1 юза билан, 1-В-2 процессда эса 1-В-2-3-4-1 юза билан тасвирланади.

Демак кенгайиш иши процесснинг функциясидир.

2.5 ҚАЙТАР ВА ҚАЙТМАС ПРОЦЕССЛАР

Термодинамикавий процесс термодинамикавий системанинг узлуксиз ўзгариб турадиган ҳолатлари тўпламидан иборат.

Тўғри ва тескари йўналишларда содир бўлиши натижасида термодинамикавий система дастлабки ҳолатига қайтадиган процесслар қайтар процесслар деб аталади. Тўғри ва тескари процессларнинг биргаликда содир бўлиши натижасида атрофдаги муҳитда ҳеч қандай ўзгариш бўлмайди.

Тўғри ва тескари йўналишларда ўтказилганда система дастлабки ҳолатига қайтмайдиган процесслар қайтмас процесс деб аталади. Амалиётдан маълумки ўз-ўзидан содир бўладиган барча табиий процесслар қайтмас бўлади.

Масалан, ишқаланиш билан содир бўладиган процессларда ишқаланишни енгишга сарфланадиган иш ишқаланишда ажралиб чиқадиган иссиқликка айланади, бу иссиқлик эса қайтиб келмайди.

Амалда энг кўп учрайдиган қайтмас процесслардан бири иссиқликнинг анча юқори температурали жисмдан пастроқ температурали жисмга ўтишидир.

Системада ўз-ўзидан содир бўладиган ҳар қандай процесс ва бинобарин, қайтмас процесс системада мувозанат қарор топмагунча давом этади.

Газнинг кенгайиш иши қайтар процессда қайтмас процессдагига нисбатан кўпроқ, газнинг сиқилишида эса тескари бўлади.

Фақат қайтар процессларни ҳолат диаграммаларида график тасвирлаш мумкин.

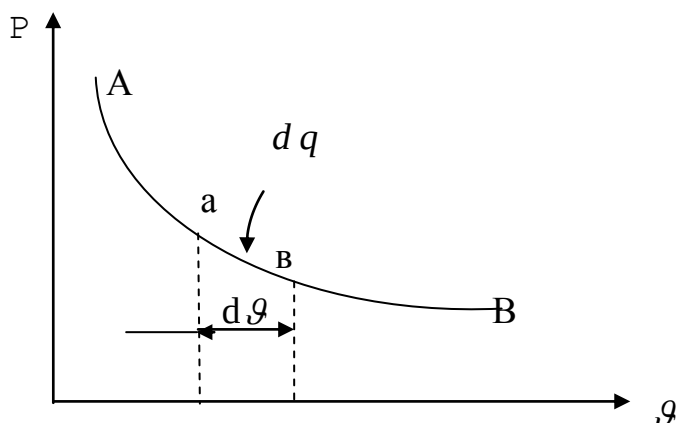
Қайтар процессларни ўрганиш, амалий жиҳатдан амалга ошириб бўлмаслигига қарамасдан, реал процессларнинг асосий қонуниятларини аниқлашга имкон беради. Чунки кўпгина ҳолларда реал процесслар қайтар процессларга яқин бўлиши мумкин ва юзага келадиган ноаниқликларни тегишли тузатиш коэффициентлари билан ҳисобга олиш мумкин.

2.6 ТЕРМОДИНАМИКА БИРИНЧИ ҚОНУНИНИНГ ТЕНГЛАМАСИ

Термодинамиканинг биринчи бош қонуни иссиқлик - ҳаракат муҳим ўрин тутадиган системалар учун энергиянинг сақланиш ва айланиш қонунининг татбикидир.

Агар 1 кг ишчи жисм АВ-термодинамик процессни амалга ошириб (2.4-расм), а-в элементар участкада чексиз кичик энергияни- dq иссиқлик миқдори

шаклида узатса, унинг температураси ва ҳажми мос равишда чексиз кичик миқдор dT ва dV га ўзгаради.



2. 4-расм.

Жисм температураси dT га ортганда молекулалар ҳаракати тезлиги ва унинг ички кинетик энергияси ортади. Жисм ҳажми dV га ортганда молекулалар орасидаги масофа узоклашади, бу унинг ички потенциал энергиясини ортишига олиб келади.

Ички кинетик ва потенциал энергиянинг ўзгариши жисмнинг солиштирма ички энергияси du нинг тўлиқ ўзгаришига тенг. Ҳажм dV га ортганида ишчи жисм ташқи кучларга қарши dl иш бажаради.

У ҳолда энергиянинг сақланиш ва айланиш қонунига кўра:

$$dU = dq - dl; \quad U_2 - U_1 = q_{1-2} - l_{1-2} \quad (2.14)$$

ёки қайтар процесслар учун :

$$dq = du + dl; \quad q_{1-2} = U_2 - U_1 + \int_{\phi_1}^{\phi_2} P d\phi \quad (2.15)$$

Бу боғланиш термодинамика биринчи қонунининг математик ифодаси бўлиб, у қуйидагича таърифланади: система атрофидаги жисмлар берган иссиқлик миқдори система ички энергиясини ўзгартиришга ва системанинг ташқи жисмлар устида иш бажаришига сарфланади.

Ихтиёрий миқдордаги ишчи жисм учун (2. 15) қуйидагича ўзгаради:

$$dQ = dU + dL; \quad Q_{1-2} = (U_2 - U_1) + L_{1-2} \quad (2.16)$$

(2.14), (2.15), (2.16) тенгламалар системаси бажарадиган ишнинг бирдан бир тури кенгайиш иши бўлганда ўринли бўлади.

Термодинамиканинг биринчи қонуни биринчи тур абадий двигателъ яшаш йўлидаги уринишларга чек қўйди: иссиқлик двигателларида ёнилғининг ёниши

туфайли ажратиладиган иссиқлик миқдори эвазига иш бажарилади, лекин система даврий равишда ўзининг бошланғич ҳолатига қайтади.

Демак, система ички энергияси ўзгармайди, яъни $\Delta U = U_2 - U_1 = 0$ У ҳолда (2.16) га кўра $Q=L$ бўлиб, даврий равишда ишлайдиган двигателнинг бажарадиган иши унга берилаётган иссиқлик миқдоридан катта бўла олмайди. Оладиган иссиқлик миқдorigа нисбатан кўпроқ иш бажарадиган хаёлий машинани биринчи тур абадий двигатель деб аталади. Бунга кўра термодинамика биринчи қонунини қуйидагича таърифлаш мумкин: биринчи тур абадий двигатель ясаш мумкин эмас.

2.7 ЭНТАЛЬПИЯ

Термодинамика биринчи қонунининг тенгламасини (2.15) кўриб чиқамиз:

$$dq = du + dl = du + pd\vartheta$$

Лежандр ўзгартиришидан фойдаланиб:

$$Pd\vartheta = d(P\vartheta) - \vartheta dP$$

қуйидагига эга бўламиз :

$$dq = du + d(p\vartheta) - \vartheta dp = d(u + p\vartheta) - \vartheta dp$$

яъни:

$$dq = di - \vartheta dp \quad (2.17)$$

$$\text{ёки} \quad q_{1-2} = i_2 - i_1 = \int_{p_1}^{p_2} \vartheta dp$$

бу ерда $U + P\vartheta$ катталик энтальпия дейилади ва i ҳарфи билан белгиланади, яъни:

$$i = U + P\vartheta \quad (2.18)$$

Энтальпия i газнинг ички энергияси U ва ўзгармас босимда ҳажми ϑ_1 дан ϑ_2 га қадар ўзгарганида газ бажариши мумкин бўлган иш $P\vartheta$ нинг йиғиндисига тенг бўлиб, жисмнинг тўлиқ энергиясини характерлайди:

$$\text{Энтальпия бирлиги Жоуль (Ж)} \quad I = m \cdot i$$

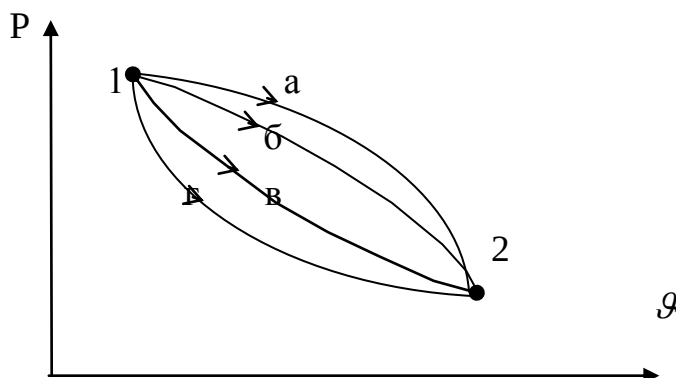
Солиштирма энтальпия i бирлиги Ж/кг .

Энтальпия-ҳолат функциялари (U , P , ϑ) катталикларининг комбинацияларидан иборат бўлганлиги учун, ҳолат функцияси бўлади.

Жисм солиштирма энтальпиясининг бирор процессда ўзгариши процесснинг характерига боғлиқ бўлмасдан, унинг бошланғич ва охириги

ҳолатлари билан аниқланади. Солиштирма энтальпиянинг ўзгариши 1 ва 2 нукта орасида борадиган барча процесслар учун бир хил бўлади. (2. 5-расм)

$$a) \int_1^2 d i = (б) \int_1^2 d i = (в) \int_1^2 d i = z \int_1^2 d i \quad (2.19)$$



2. 5 расм.

Циклларда энтальпиянинг ўзгариши нолга тенг бўлади:

$$\oint d i = 0 \quad (2. 20)$$

Агар термодинамик системада қайтар процесс содир бўлаётган бўлса, кенгайиш иши $P d \varphi$ дан ташқари система ҳажмининг ўзгаришига боғлиқ бўлмаган ва ташқи объектга бериладиган иш бажарилади. Уҳолда (2. 15) ва (2. 16) куйидаги кўринишга келади:

$$dq = du + p d \varphi + d l_{\varphi} \quad (2. 21)$$

$$dq = di - \varphi d p + d l_{\varphi} \quad (2. 22)$$

(2.21) ва (2.22) тенгламалар термодинамик система ҳолатини ўзгаришида содир бўладиган қайтар процесслар учун термодинамика биринчи қонунининг умумий аналитик ифодаси ҳисобланади.

$P = \text{const}$ бўлганда (2. 17) тенглама

$$dp_p = d i \quad (2. 23)$$

кўринишга келади.

Ўзгармас босимда борадиган процессда иссиқлик миқдори фақат жисмнинг энтальпиясини ўзгаришига сарф бўлади:

$$q_p = \int_1^2 d i = i_2 - i_1 \quad (2. 24)$$

2.8 ЭНТРОПИЯ

Термодинамиканинг биринчи қонунига кўра:

$$dq = C_{\varphi} dT + P d \varphi, \quad P \text{ ни } \frac{RT}{\varphi} \text{ га ўзгартириб}$$

$$dq = C_g dT + RT \frac{d\vartheta}{\vartheta},$$

га эга бўламиз.

Тенгликни ҳар иккала томонини T га бўлиб қуйидагини оламиз:

$$\frac{dq}{T} = C_g \frac{dT}{T} + R \frac{d\vartheta}{\vartheta} \quad (2. 25)$$

dq/T катталиқ қайтар процессда ўзгарувчан функциялар T ва ϑ нинг тўлиқ дифференциалидир. Клаузиус киритган бу функция S билан белгиланиб энтропия деб аталади:

$$dS = \frac{dq}{T} \quad (2. 26)$$

Энтропиянинг ўлчов бирлиги Ж/К

Модда массаси бирлигининг энтропияси солиштирма энтропия дейилиб:

$$S = \frac{S}{m}, \quad \frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \quad \text{да ўлчанади.}$$

Энтропия таърифидан кўринишича (2.26) энтропия бирлигининг температура бирлиги бўлинмасига тенг.

Жисмнинг ҳар бир ҳолатига энтропиянинг аниқ битта қиймати мос келади. Бинобарин, энтропия ҳам ички, энергия ва энтальпия каби ҳолатнинг бир қийматли функциясидир.

Ҳар қандай термодинамик процессда жисм энтропиясининг ўзгариши ўтиш йўлига боғлиқ бўлмасдан, бошланғич ва охириги ҳолатлар билан аниқланади.

Системанинг энтропияси турли қайтар процессларда ортиши ва камайиши мумкинлиги (2. 26) муносабатдан кўриниб турибди. Температура катталиги T ҳар доим мусбат, бўлганлигидан системага иссиқлик берилганда ($dq > 0$) унинг энтропияси ортади ($ds > 0$), иссиқлик олинганда эса ($dq < 0$) унинг энтропияси камаяди ($ds < 0$).

Солиштирма энтропиянинг ўзгаришини T ва ϑ функцияси сифатида аниқлаш учун (2. 25) тенгликни қуйидагича ёзамиз:

$$dS = C_g \frac{dT}{T} + R \frac{d\vartheta}{\vartheta};$$

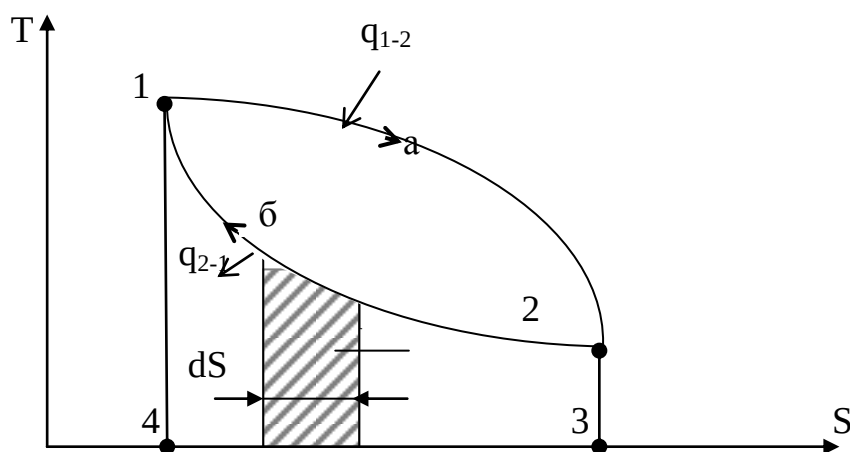
Бу тенгликни $C_g = \text{const}$ бўлганда интеграллаб идеал газ учун энтропиянинг ўзгаришини топамиз: .

$$S_2 - S_1 = C_g \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} \quad (2. 27)$$

Энтропия тушунчаси иссиқлик двигателларининг цикллари анализ қилиш учун жуда қулай бўлган ҳолат диаграммасини киритишга имкон беради. Ҳолат диаграммасида абцисса бўйича энтропия, ордината бўйича эса абсолют температура қўйилади.

Ts-диаграммада газнинг ҳолати нукта билан, процесс эса эгри чизик билан тасвирланиб унинг тенгламаси қуйидагича $T=f(s)$ ифодаланади.

Процесс иссиқлиги Ts-диаграммада процесс чизиги остидаги юза билан аниқланади.



2.6-расм.

Агар Ts-диаграммада 1-2 чизик ихтиёрий процессни тасвирласа, у ҳолда процесснинг элементар иссиқлик миқдори dq сон жиҳатдан баландлиги T ва асоси dS бўлган юзага тенг бўлади.

Процесснинг барча иссиқлиги процесс эгри чизиги 1-а-2 остидаги юзага сон жиҳатдан тенг:

$$q_{1-2} = \text{юза } 1-a-2-3-4-1 = \int_{S_1}^{S_2} T dS \quad (2.28)$$

$dq=TdS$ тенгликдан кўриниб турибдики dq ва dS бир хил ишорага эга. Агар процессда солиштирма энтропия ортса, у ҳолда ишчи жисмга иссиқлик берилади, агар камайса иссиқлик олинади.

Қайтар айланма процесс Ts-диаграммада 1-а-2-б-1 юза билан тасвирланади.

Келтирилган ва олинган иссиқлик миқдори фарқи ишчи жисм қайтар айланма процессни амалга ошириши натижасида олинган фойдали ташқи ишни ифодалайди:

$$q_{1-2} = l' = \oint T dS = \oint dq = \oint dl' \quad (2.29)$$

Демак, қайтар айланма процессда ишчи жисм бажарган иш берк эгри чизик билан чегараланган юзага тенг бўлади:

$$l' = \text{юза 1-а-2-б-1} \quad (2.30)$$

Ts-диаграмманинг қулайлиги шундаки, қайтар айланма процессда температуранинг ўзгариши, келтирилган ва олинган иссиқлик миқдори ҳамда процессни амалга ошириш натижасида олинган иш диаграммада яққол тасвирланади.

СИНОВ САВОЛЛАРИ:

1. Энергия узатишнинг асосий шакллари.
2. Ички энергия.
3. Ишни ўисоблаш.
4. Термодинамиканинг биринчи қонуни.
5. Энтальпия.
6. Энтропия.
7. Pθ ва TS – диаграммалар.
8. Иссиқлик нима?
9. Иш нима?
10. Энергиянинг айланиш ва сақланиш қонуни.
11. Қайтар процесслар.

ТАЯНЧ ИБОРАЛАР

Иссиқлик, иш, ички энергия, термодинамиканинг биринчи қонуни, энтальпия, ўолат функцияси, энтропия, процесс функцияси, қайтар процесс, қайтмас процесс, двигатель.

3 - МАЪРУЗА. АСОСИЙ ТЕРМОДИНАМИКАВИЙ ПРОЦЕССЛАР

РЕЖА:

Изохорик процесс.

Изобарик процесс.

Изотермик процесс.

Адиабатик процесс.

Политропик процесслар.

АДАБИЁТЛАР

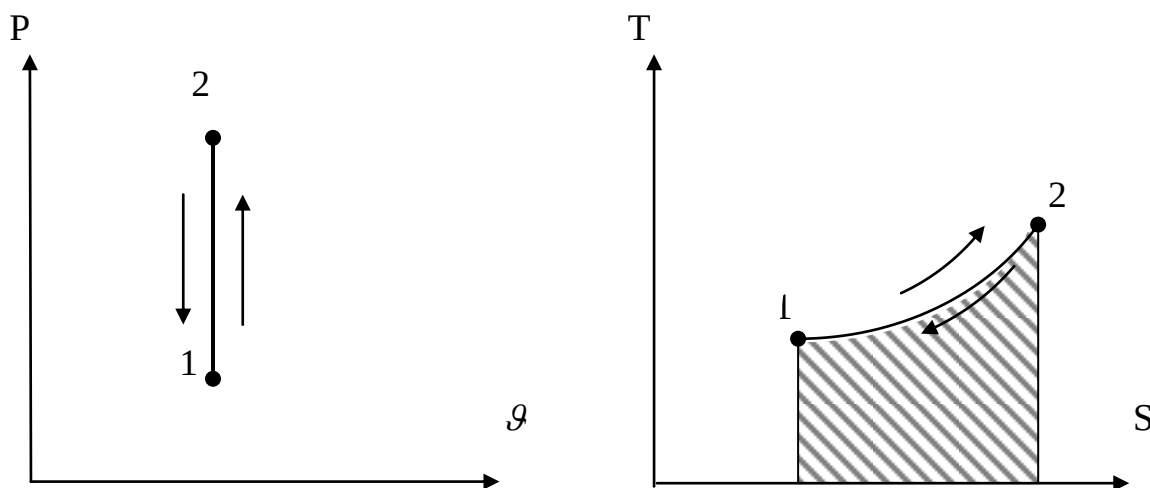
1. Нашокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача М., 1980. 80 - 92 б.
2. Ларионов Н.Н. Теплотехника. М., 1986 й. 32 - 48 б.

3.1 ИЗОХОРИК ПРОЦЕСС

Ўзгармас ҳажмда борадиган процесс-изохорик процесс деб аталади. Процесснинг тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$dV = 0 \quad \text{ёки} \quad V = \text{const}$$

Процесс чизиғи изохора дейилади.



3.1 -расм.

Идеал газга иссиқлик берилганда 1-2, иссиқлик олинганда эса 2-1 процесси содир бўлади.

Ҳолат тенгламасидан фойдаланиб изохорик процессда асосий термодинамикавий ҳолат параметрлари орасидаги боғланишни аниқлаймиз:

$$P \vartheta = RT; \quad \vartheta = const \quad \text{бўлгани учун}$$

$$\frac{P}{T} = \frac{R}{\vartheta} = const \quad \text{ёки} \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad (3.1)$$

(3.1) Шарль қонунини ифодалайди. Ўзгармас ҳажмли идишдаги идеал газ температураси ортганда (газ қиздирилганда) ҳар доим босим ортади.

Изохорик процессда системанинг кенгайиш иши нолга тенг бўлади.

$$\vartheta = const \quad \text{бўлгани учун} \quad d\vartheta = 0 \quad \text{бўлиб,}$$

$$l_{1-2} = \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} P d\vartheta = 0 \quad (3.2)$$

бўлади.

$$dq = du + p d\vartheta, \quad \text{процессда} \quad dq = du = C_{\vartheta} dT$$

Яъни изохорик процессда системага берилган барча иссиқлик фақат унинг ички энергиясини оширишга сарфланади.

$$q_{1-2} = U_2 - U_1 = C_{\vartheta}(T_2 - T_1) \quad \text{ёки} \quad Q_{1-2} = mC_{\vartheta}(T_2 - T_1) \quad (3.3)$$

Изохорик процессда энтропиянинг ўзгариши қуйидагига тенг.

$$S_2 - S_1 = C_{\vartheta} \ln \frac{T_2}{T_1} \quad (3.4)$$

3.2 ИЗОБАРИК ПРОЦЕСС

Ўзгармас босимда борадиган процесс - изобарик процесс дейилади. Процесснинг тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$dp = 0 \quad \text{ёки} \quad p = const$$

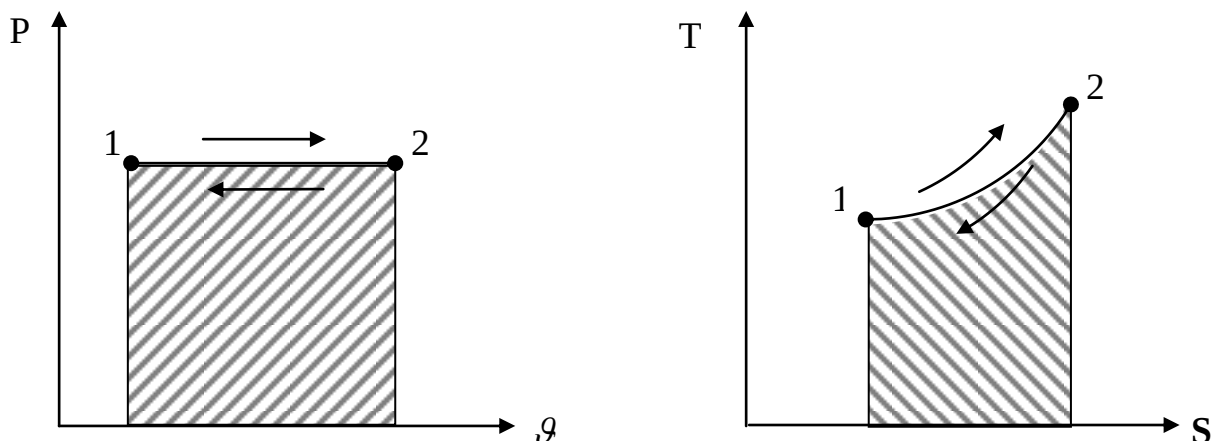
Процесс чизиғи изобара дейилади.

Процесс учун ҳолат тенгламасини бошланғич ва охириги нуқталар учун ёзамиз:

$$P_1 \vartheta_1 = RT_1 \quad (a) \quad P_2 \vartheta_2 = RT_2 \quad (б)$$

(б) ни (а)га бўлиб, Гей-Люссак қонунининг ифодасини оламиз:

$$\frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} = \frac{T_1}{T_2} \quad (3.5)$$



3. 2 - расм.

Демак, газ температураси қанчалик юқори бўлса, унинг солиштирма ҳажми ҳам шунчалик катта бўлади.

Изобарик процессда идеал газга иссиқлик берилганда 1-2 кенгайиш процесси, иссиқлик олинганда эса 2-1 сиқилиш процесси содир бўлади. Изобарик процессда системанинг кенгайиш (сиқилиш) иши қуйидагига тенг бўлади:

$$l_{1-2} = \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} P d\vartheta = P \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} d\vartheta = p(\vartheta_2 - \vartheta_1), \quad \text{ёки} \quad (3.6)$$

$$l_{1-2} = R(T_2 - T_1)$$

Изобарик процессда қиздиришда системага бериладиган иссиқлик миқдори иссиқлик сиғими орқали қуйидагича ифодаланади:

$$q_{1-2} = \int_{T_1}^{T_2} C_p dT = C_p(T_2 - T_1) \quad (3.7)$$

Агар m , кг ёки V , м^3 газ берилган бўлса:

$$Q_{1-2} = mC_p(T_2 - T_1) = VC_p(T_2 - T_1) \quad (3.8)$$

бу ерда: C_p - изобарик иссиқлик сиғимининг T_1 ва T_2 температуралар оралиғидаги ўртача қиймати. Термодинамиканинг биринчи қонуни тенгламаси

$$dq = di - \vartheta dp$$

га кўра, изобарик процесс учун $dp = 0$ бўлганлигидан

$$dq = di \quad \text{ёки} \quad q_{1-2} = i_2 - i_1 \quad (3.9)$$

Изобарик процессда солиштирма ички энергиянинг ўзгариши қуйидагига тенг бўлади:

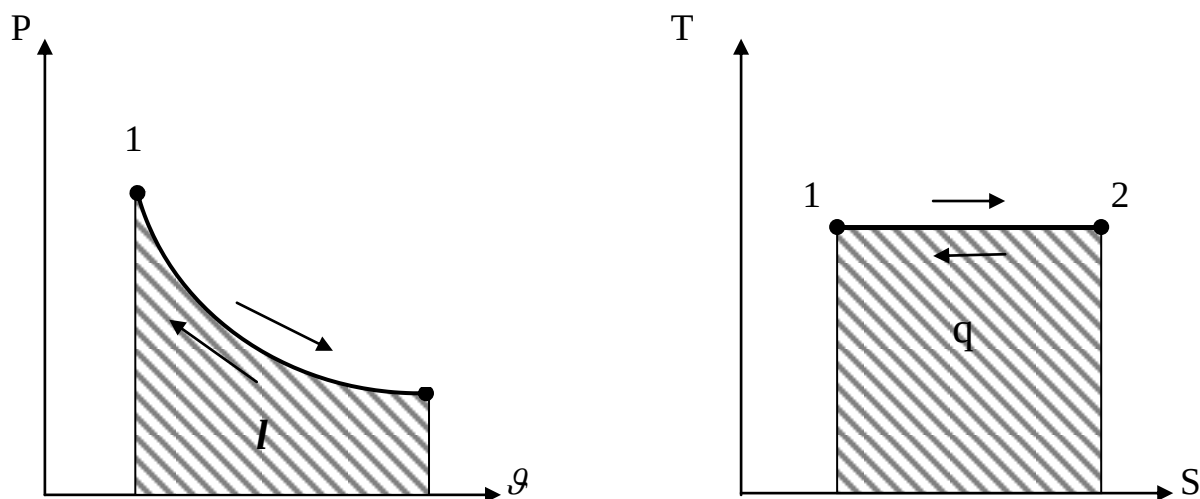
$$\Delta U = U_2 - U_1 = C_p(T_2 - T_1) \quad (3.10)$$

Энтропиянинг ўзгариши қайтар изобарик процессда қуйидагича бўлади:

$$S_2 - S_1 = C_p \ln \frac{T_2}{T_1} = C_p \ln \frac{p_2}{p_1} \quad (3.11)$$

3.3 ИЗОТЕРМИК ПРОЦЕСС

Ўзгармас температурада ($T = \text{const}$ ёки $dT = 0$) амалга ошадиган процесс изотермик процесс деб аталади. Процесс чизиғи изотерма дейилади. Изотермик процесснинг $P\vartheta$ - диаграммадаги графиги—гиперболик эгри чизиқдир.



3.3-расм.

Идеал газга иссиқлик берилганда 1-2 изотермик кенгайиши процесси, иссиқлик олинганда эса 2-1 изотермик сиқилиш процесси амалга ошади. Идеал газ ҳолат тенгламасидан фойдаланиб, изотермик процесс учун ҳолат параметрлари орасидаги боғланишни аниқлаймиз:

$$P\vartheta = RT = f(t) = \text{const} \quad \text{ёки} \quad 1-2 \text{ процесс учун}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} \quad \text{ва} \quad P_1\vartheta_1 = P_2\vartheta_2 \quad \text{ёки} \quad P\vartheta = \text{const} \quad (3.12)$$

Ушбу тенглик Бойль-Мариотт қонунини ифодалаб, изотермик процессда газнинг солиштирма ҳажми босимга тесқари пропорционал ва уларнинг кўпайтмаси ўзгармас катталиқ эканлигини кўрсатади.

Термодинамиканинг биринчи қонуни тенгламасидан

$$dq = du + dl$$

$T = \text{const}$ ва $dT = 0$ бўлганлигидан $du = C_v dT = 0$ бўлиб,

$$dq = dl \quad \text{ёки} \quad q_{1-2} = l_{1-2} \quad (3.13)$$

Демак, изотермик процессда келтирилган иссиқликнинг ҳаммаси ташқи механикавий иш бажаришга сарфланади.

$$l_{1-2} = q_{1-2} = \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} p d\vartheta = \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} RT \ln \frac{d\vartheta}{\vartheta} = RT \ln \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} = RT \ln \frac{P_1}{P_2} = P_1 \vartheta_1 \ln \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} = P_1 \vartheta_1 \ln \frac{P_1}{P_2} \quad (3.14)$$

Шунингдек, $dq = TdS$ ва $T = \text{const}$ бўлганлиги учун солиштирма иссиқлик миқдори ва солиштирма ишни қуйидаги ифода ёрдамида ҳам аниқлаш мумкин:

$$q_{1-2} = l_{1-2} = T(S_2 - S_1) \quad (3.15)$$

Изотермик процессда идеал газ энтальпияси ва ички энергияси ўзгармайди, яъни $\delta \tilde{i} = 0$ ва $\delta u = 0$ бўлади.

Энтропиянинг ўзгаришини қуйидаги ифода билан ҳисоблаш мумкин:

$$S_2 - S_1 = R \ln \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} = R \ln \frac{P_2}{P_1} \quad (3.16)$$

3.4 АДИАБАТИК ПРОЦЕСС

Ишчи жисм билан ташқи муҳит орасида иссиқлик алмашинмай содир бўладиган процессга адиабатик процесс деб аталади. Адиабатик процессда ишчи жисмга иссиқлик берилмайди ҳам, олинмайди ҳам, бинобрин $dq=0$ бўлади. Газнинг кенгайиш ва сиқилиш процесслари эса фақат унинг ички энергиясининг ўзгариши натижасида содир бўлади. Реал шароитларда адиабатик процессни содир қилиш қийин, чунки ишчи жисм ташқи муҳит билан тўлиқ изоляцияланган бўлиши лозим. Лекин тез борадиган процессларни шартли равишда адиабатик процесслар деб ҳисоблаш мумкин, чунки процесс содир бўладиган жуда қисқа вақт оралиғида ишчи жисм билан ташқи муҳит орасида иссиқлик алмашинуви ниҳоятда кам бўлади.

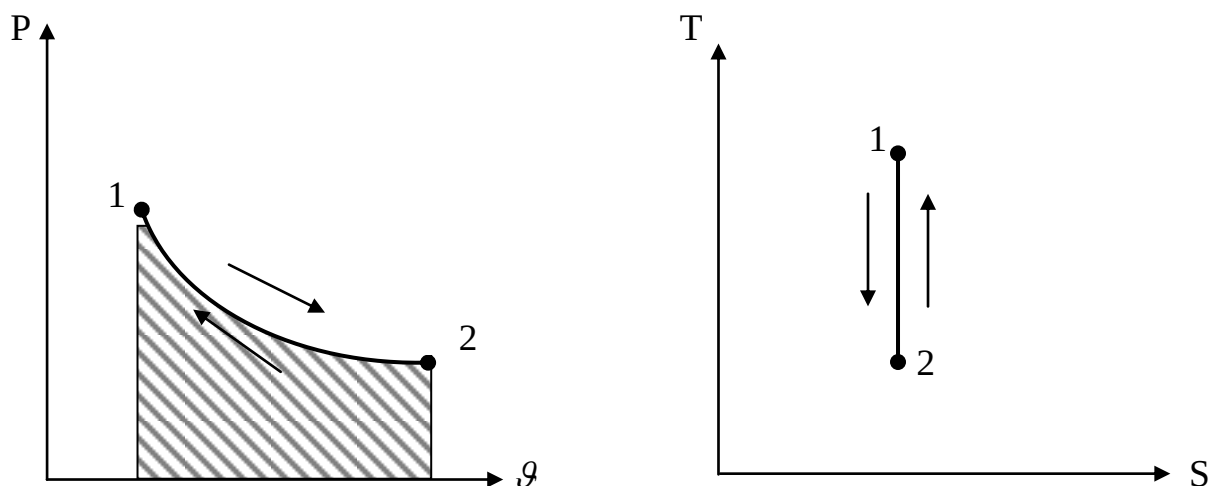
Тез юрар ички ёнув двигателларида газлар катта тезлик билан оқиб ўтишида содир бўладиган ва шу каби бошқа процессларни адиабатик процесслар деб ҳисоблаш мумкин.

Адиабатик процесс тенгламасини системанинг исталган ҳолати учун қуйидагича ёзиш мумкин:

$$P \vartheta^\kappa = \text{const} \quad (3.17)$$

бу ерда: К-адибата кўрсаткичи дейилади.

(3. 17) тенгламага кўра чизиладиган эгри чизик (3.4-расм). адиабата дейилади.



3.4-расм.

(3. 17) асосида газ ҳолатининг параметрларини ўзаро боғлайдиган қуйидаги тенгламаларни ёзишимиз мумкин:

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{\vartheta_2}{\vartheta_1}\right)^\kappa, \quad \text{ёки} \quad \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1}{\kappa}}, \quad \text{ёки} \quad \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{\vartheta_2}{\vartheta_1}\right)^{\kappa-1}, \quad \text{ёки} \quad \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}$$

Адиабатик процесда бажарилган иш миқдорини қуйидаги ифодалар ёрдамида аниқлаш мумкин:

$$l_{1-2} = \frac{1}{\kappa-1} (P_1 \vartheta_1 - P_2 \vartheta_2) = \frac{R}{\kappa-1} (T_1 - T_2) = \frac{P_1 \vartheta_1}{\kappa-1} \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right] \quad (3.18)$$

Адиабатик процесда $\delta q = 0$ бўлгани учун термодинамиканинг биринчи қонунини қуйидагича ёзишимиз мумкин:

$$dl = -du \quad \text{ёки} \quad du = -Pd\vartheta \quad \text{ва} \quad di = \vartheta dP \quad (3.19)$$

Демак, газ ҳолатининг адиабатик ўзгаришида ташқи кучлар бажарган иш газ ички энергиясининг ўзгаришига тенг. Бошқача айтганда, адиабатик кенгайишда (1-2) газ ички энергиясининг камайиши натижасида (босим ва

температура пасаяди) иш бажаради. Адиабатик сиқишда (2-1) сарфланган ташқи иш газ ички энергиясининг ортишига кетади (босим ва температура кўтарилади).

Қайтар процесс учун $dq = T dS$, қайтар адиабатик процессда $\delta q = 0$ бўлганлигидан

$$dS = 0 \quad \text{ёки} \quad S_2 = S_1 = \text{const} \quad (3.20)$$

бўлади, яъни системанинг энтропияси ўзгармайди. Бошқача қилиб айтганда, қайтар адиабатик процесс бир вақтнинг ўзида изоэнтропик процесс ҳам бўлади.

3.5 ПОЛИТРОПИК ПРОЦЕССЛАР

Юқорида кўриб чиқилган термодинамик процессларда газнинг ҳолат параметрларидан бири доимо ўзгармас ($P=\text{const}$, $V=\text{const}$, $T=\text{const}$, $S=\text{const}$) бўлиб қолар эди.

Ҳақиқий процессларда эса газнинг ҳолати ўзгарганда унинг барча параметрлари ўзгаради.

Бундай процессларни ифодаловчи эгри чизиқлар **политропалар** дейилади. Уларнинг тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$P V^n = \text{const} \quad (3.21)$$

бу ерда n -политропа кўрсаткичи деб аталади.

Турли политропик процесслар учун политропа кўрсаткичи n $-\infty$ дан $+\infty$ гача бўлган ҳар қандай қийматларни қабул қилиши мумкин.

Политропик процесс тушунчаси бизга маълум бўлган қолган барча термодинамик процессларни умумлаштиради:

Кўрсаткичи $n=0$ бўлган политропик процесс одатдаги изобарик процессдан иборатлиги (3.21) дан кўриниб турибди:

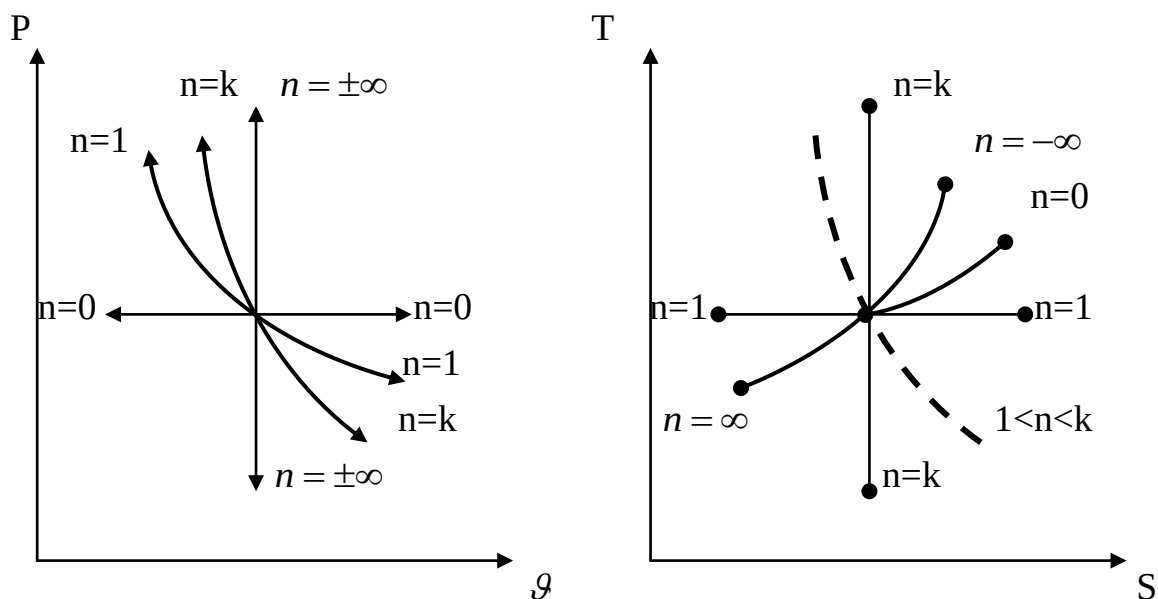
$$P = \text{const}$$

Кўрсаткичи $n=1$ бўлган политропик процесс изохорик процессдир, яъни:

$$P V = \text{const}; \quad P^\infty V = \text{const}; \quad P^0 V = \text{const}; \quad V = \text{const};$$

Кўрсаткичи $n=1$ бўлган политропа тенгламаси Бойль-Мариоттнинг идеал газдаги изотермик процесс тенгламасига мос келади яъни:

$$P V = \text{const};$$



3. 5-расм.

3.5-расмда $P\vartheta$ ва TS -диграммда турли политропик процессларнинг эгри чизиқлари чизилган.

Курсткичи $n=k$ бўлган политропа тенгламаси Пуассоннинг адиабата тенгламасига айланади:

$$P\vartheta^k = \text{const};$$

Политропик процесс ҳақидаги тушунчадан асосан, газавий двигателларда сиқилиш ҳамда кенгайиш процессларини ўрганишда кенг фойдаланилади. Газавий двигателлар ва компрессорлардаги реал сиқилиш процесслари кўпинча, адиабатик процесс ҳам, изотермик процесс ҳам бўлмасдан балки бу икки турдаги процесслар орасида оралиқ ҳолатни эгаллайди. Шунинг учун политропик процесс кўрсаткичи n нинг амалда учрайдиган қийматлари 1 дан K гача интервалда бўлади.

Политропанинг тенгламаси адиабатанинг тенгламасига ўхшаш бўлганлиги учун политропанинг параметрларини қуйидаги тенгламалар билан ўзаро боғлаш мумкин:

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{\vartheta_2}{\vartheta_1}\right)^n; \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}; \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{\vartheta_2}{\vartheta_1}\right)^{n-1} \quad (3.22)$$

Политропик процесснинг солиштирма иссиқлик сиғимини қуйидаги тенгликдан топиш мумкин:

$$n = \frac{C_n - C_p}{C_n - C_g}, \text{ бундан } C_n = C_g \frac{n-k}{n-1} \quad (3.23)$$

Политропик процессда бажариладиган иш аниқланадиган ифодани (3.18) тенгламадан кўрсаткич k ни n га алмаштириб келтириб чиқариш мумкин:

$$l_{1-2} = \frac{1}{n-1} (P_1 g_1 - P_2 g_2) = \frac{RT_1}{n-1} \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = \frac{P_1 g_1}{n-1} \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}\right] \quad (3.24)$$

Идеал газ учун ва газнинг иссиқлик сиғими C_g нинг температурга боғланишини назарга олмаслик мумкин бўлса, солиштирма ички энергиянинг ўзгариши қуйидагига тенг бўлади:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = C_g (T_2 - T_1) \quad (3.25)$$

Солиштирма иссиқлик миқдори:

$$q = C_n (T_2 - T_1) \quad (3.26)$$

Солиштирма энтальпиянинг ўзгариши:

$$\Delta i = i_2 - i_1 = C_p (T_2 - T_1) \quad (3.27)$$

Политропа кўрсаткичи қуйидаги тенгликлардан топилиши мумкин:

$$n = \frac{\lg \frac{P_2}{P_1}}{\lg \frac{g_2}{g_1}}; \quad n-1 = \frac{\lg \frac{T_2}{T_1}}{\lg \frac{g_1}{g_2}}; \quad \frac{n-1}{n} = \frac{\lg \frac{T_2}{T_1}}{\lg \frac{P_2}{P_1}} \quad (3.28)$$

Политропик процессда система солиштирма энтропиясининг ўзгариши:

$$dS = \frac{dq}{T} = C_n \frac{dT}{T} \quad (3.29)$$

ёки, политропик процессда иссиқлик сиғими C_n ҳолат параметрларининг берилган интервалида ўзгармаса:

$$S_2 - S_1 = C_n \lg \frac{T_2}{T_1} = C_g \frac{n-k}{n-1} \ln \frac{T_2}{T_1} \quad (3.30)$$

бўлади.

СИНОВ САВОЛЛАРИ:

1. Асосий термодинамикавий процессларни таърифланг.
2. Термодинамикавий процессларни Pg ва TS – диаграммаларда тасвирланиши.
3. Термодинамикавий процессларда иссиқлик ва ишни аниқлаш.
4. Адиабатик процесс.

5. Политропик процессни тахлил қилиш.
6. Изохорик процесс.
7. Изобарик процесс.
8. Изотермик процесс.
9. Процесслар тенгламалари.
10. Политропик процессни хусусий ҳоллари.

ТАЯНЧ ИБОРАЛАР

Изохорик процесс, изобарик процесс, изотермик процесс, адиабатик процесс, политропик процесс, политропа кўрсаткичи, адибата кўрсаткичи, изотерма, изобара, изохора, адиабата.

4 - МАЪРУЗА. ТЕРМОДИНАМИКАНИНГ ИККИНЧИ ҚОНУНИ

РЕЖА:

- 4.1 Термодинамика иккинчи қонунининг моҳияти.***
- 4.2 Айланма термодинамик процесслар ёки цикллари.***
- 4.3 Карно цикли.***
- 4.4 Термодинамика иккинчи қонунининг математик ифодаси.***

АДАБИЁТЛАР

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

4.1 ТЕРМОДИНАМИКА ИККИНЧИ ҚОНУНИНИНГ МОҲИАТИ

Термодинамиканинг биринчи қонуни бирор процесс амалга ошириш тўғрисида жисм ички энергиясининг ўзгариши, бажарилган иш ва иссиқлик миқдори орасидаги миқдорий боғланишни аниқлайди. Лекин процесс содир бўлиши ёки бўлмаслиги ва қайси йўналишда содир бўлиши ҳақида аниқ кўрсатма бермайди.

Термодинамиканинг иккинчи қонуни жуда кўп тажрибаларнинг умумлаштириш маҳсули сифатида вужудга келган бўлиб, табиатда содир бўладиган процессларнинг амалга ошириш мумкин бўлган йўналишини аниқлайди.

Кундалик кузатиш ва тажрибалар иссиқликни ўз-ўзидан фақат иссиқроқ жисмдан совикроқ жисмга ўтиши мумкинлигини кўрсатади. Иш бошқа тур энергиялари каби осон ва тўлиқ иссиқликга айланиши мумкин. Бунга табиат ҳодисаларидан: ишқаланиш, зарба, тормозланиш ва бошқа ҳодисаларни мисол келтиришимиз мумкин.

Бунга тескари бўлган процесс, яъни иссиқликни ишга айланиши ўз-ўзидан содир бўлмайди. Иссиқлик фақат даврий процесс амалга ошириладиган қурилмалар уч элементдан-иситгич, ишчи жисм ва совиткичдан иборат бўлиб, иссиқ ва совик манбалар орасида температуралар фарқи бўлган пайтдагина ишга айланиши мумкин.

Сади Карно 1824 йилда буғ машинасининг ишини ўрганиб, фақат температуралар фарқи бўлгандагина иссиқликдан механикавий иш олиш учун фойдаланиш мумкинлигини аниқлади.

Термодинамиканинг иккинчи қонунини умумий кўринишда қуйидагича таърифлаш мумкин: ўз-ўзидан содир бўладиган ҳар қандай процесс қайтмас процессдир. Тўғри ва тескари йўналишларда ўтказилганда система дастлабки ҳолатига қайтмайдиган процесслар қайтмас процесс деб аталади. Иккинчи қонуннинг барча бошқа таърифлари бу умумий таърифнинг хусусий ҳолларидан иборат.

Р. Клаузиус 1850 йилда термодинамиканинг иккинчи қонунини қуйидагича таърифлади: иссиқлик камроқ қизиган жисмдан кўпроқ қизиган жисмга ташқи иш сарфламай туриб ўз-ўзича ўта олмайди.

В. Томсон 1851 йилда қуйидаги таърифни таклиф этди: двигателга келтирилган иссиқликнинг хамасини бутунлай ишга айлантириб бўлмайди. Бу иссиқликнинг бир қисми температураси пастроқ бўлган ташқи жисмларга ўтади.

М. Планк қуйидаги таърифни таклиф этди: барча иши биронта юкни кўтариш ва иссиқлик манбаини совитишдан иборат бўлган даврий ишлайдиган машина қуриб бўлмайди: Даврий ишлайдиган машина деганда узлуксиз равишда циклик процессда иссиқликни ишга айлантирувчи машинани тушуниш керак.

Термодинамиканинг иккинчи қонуни қуядиган чеклашлар мавжуд бўлмаганда эди, бу ҳол лоақал битта иссиқлик манбаи бўлганида ҳам иссиқлик двигатели қуриш мумкинлигини билдирар эди. Бундай двигатель, масалан, океандаги сувнинг совиши ҳисобига ишлай олган бўлур эди. Шу тарзда ишлайдиган иссиқлик машинасини В.Ф. Освальд ўринли қилиб иккинчи тур абадий двигатель деб атади. Иссиқликнинг даврий такрорланадиган процессда бир қисмигина механикавий ва бошқа турлардаги ишга айланиши мумкин: унинг бошқа қисми муқаррар равишда совик манбага берилиши керак. Демак иккинчи тур абадий двигатель қуриб бўлмайди.

4.2 АЙЛАНМА ТЕРМОДИНАМИК ПРОЦЕССЛАР ЁКИ ЦИКЛЛАР

Ишчи жисм бир қанча ўзгаришларга учраб, яна бошланғич ҳолатига қайтиб келадиган кетма-кет қатор процесслар айланма термодинамик процесс ёки цикл дейилади.

Иссиқлик машинаси цилиндрда газ бир марта кенгайганда фақат чегараланган миқдорда иш олиш мумкин. Чунки ишчи жисмнинг кенгайиш

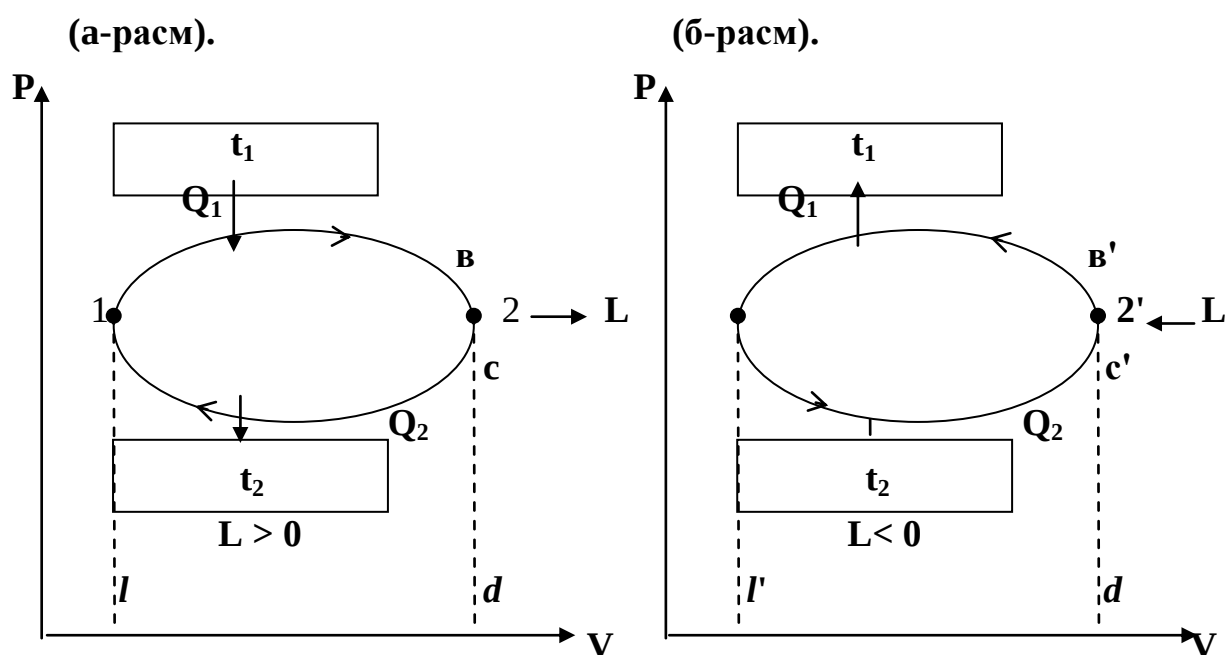
процессада температура ва босими атроф муҳитнинг температураси ва босимига тенглашади. Шунинг билан иш олиш тугайди. Демак, қайтадан иш олиш учун сиқилиш процессида ишчи жисм ўзининг бошланғич ҳолатига қайтарилиши керак.

Иш бажариладиган даврий процесслар турли иссиқлик машиналарида амалга оширилади.

Иссиқлик машинаси цикли иши $P\theta$ -диаграммада қулай тушунтирилади (4.1-расм). Иссиқлик двигатели циклида (4.1, а-расм). температураси T_1 бўлган иссиқлик манбаидан Q_1 иссиқлик олинади. Температураси T_2 , бўлган совик манбага ($T_2 < T_1$) Q_2 иссиқлик берилади, бу иссиқлик миқдорлари фарқи $Q_1 - Q_2$ фойдали ишга айланади $L > 0$ ва у ташқи истеъмолчига узатилади.

Иссиқлик двигателлари процессларининг моҳияти шундан иборатки, бериладиган Q_1 ва олинадиган Q_2 иссиқлик миқдорларининг тенг бўлмаслиги, кенгайишда олинадиган ва сиқишга сарфланадиган ишлар миқдорини бири-биридан фарқ қилишига олиб келади. Бунда кенгайиш иши ҳамма вақт сиқилиш ишидан катта бўлади.

Йўналиши соат миллари йўналишига мос тушадиган, юқорида кўриб чиқилган айланма цикл тўғри цикл дейилади. У барча иссиқлик двигателлари учун умумийдир. Иссиқлик двигателларига ички ёнув двигателлари, буғ ва газ турбиналари киради.



4. 1-расм. Иссиқлик машиналари цикллари:

а-иссиқлик двигателлари; б-совитиш машиналари.

Диаграммада (4.1-расм). 1в2 йўлда газ Q_1 иссиқлик берилганда кенгайиш иши бажаради ва у 1в2 d1 юза билан аниқланади. 2с1 йўлда газдан Q_2 иссиқлик олинганда e1c2d юза билан аниқланадиган сиқилиш иши сарфланади. 1в2 с юза ташқи истеъмолчига бериладиган L ишни ифодалайди.

Иссиқлик двигателларининг самарадорлик даражаси термик фойдали иш коэффициенти η_t билан аниқланади. Цикл ишининг ишчи жисмга, циклда берилган иссиқлик миқдorigа нисбати циклнинг термик фойдали иш коэффициенти деб аталади:

$$\eta_t = \frac{L}{Q} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \quad (4.1)$$

Термик ф.и.к. у ёки бу циклнинг такомиллашганлик даражасини характерлайди: η_t қанчалик катта бўлса, бир хил иссиқлик берилганда, шунчалик кўп иш бажарилади, яъни цикл шунчалик мукамал бўлади.

Совитиш машинаси циклида (4.1, б-расм). температураси паст T_2 бўлган совиқ манбадан Q_2 иссиқлик олиниб, температураси T_1 бўлган иссиқ манбага Q_2 ва циклда келтирилган иш L га эквивалент бўлган Q_1 иссиқлик берилади. Совитиш машиналари цикли тескари цикл дейилади ва йўналиши соат миллари йўналишига тескари бўлади. Тескари циклни амалга ошириш натижасида иссиқлик, совиқ манбадан олиниб иссиқ манбага берилади.

Совитиш машиналарининг самарадорлиги совитиш коэффициенти деб аталадиган ва совиткичдан олинган иссиқлик миқдорини циклни амалга ошириш учун ташқи жисмлар бажарган ишга нисбати тарзида ифодаланувчи катталик билан аниқланади:

$$\varepsilon = \frac{Q_2}{L} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} \quad (4.2)$$

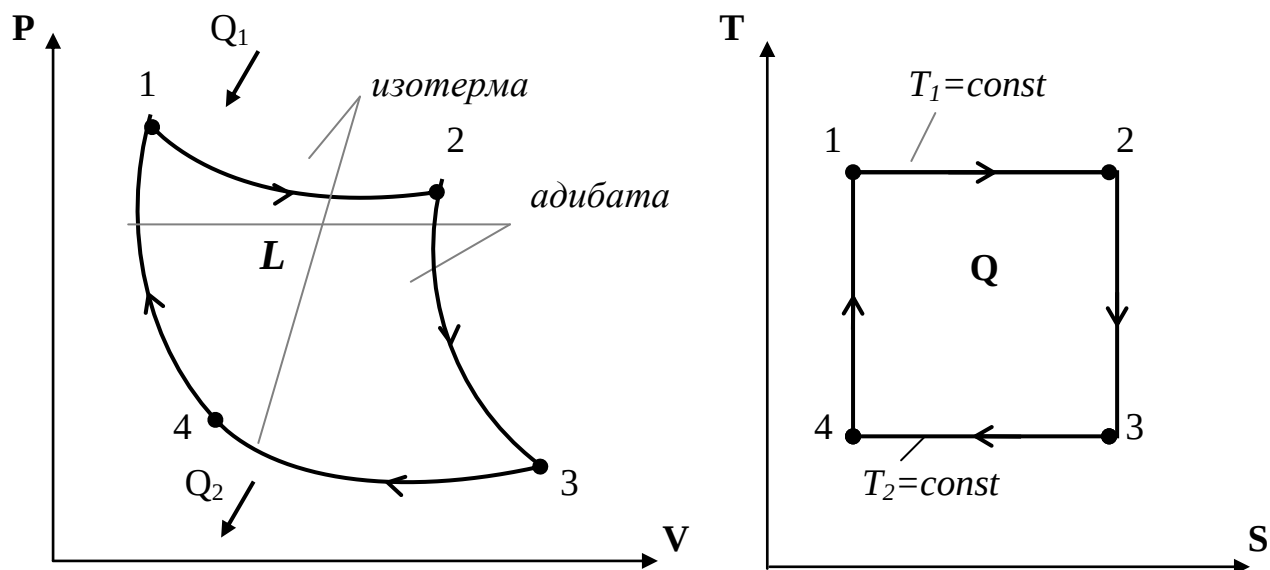
Совитиш коэффициенти қиймати бир бирлик иш сарфлаш натижасида совиткичдан қанча миқдорда иссиқлик олинишини ифодалайди.

4.3 КАРНО ЦИКЛИ

С. Карно 1824 йилда "Оловнинг ҳаракатлантирувчи кучи ва бу кучни ҳосил қила оладиган машиналар ҳақида мулохазалар" номли асарини нашр қилди. Карно ушбу асарида биринчи бўлиб иссиқликни ишга айлантириш мумкинлиги тўғрисидаги фикрни таърифлаган ва таҳлил этган.

Француз олими С. Карно иссиқлик машиналарининг ишлаш самарадорлигини тадқиқот қилиб, иккита ўзгармас температурали иссиқлик

манбаи-иситкич T_1 ва совиткич T_2 орасида содир бўладиган, иккита адиабата ва иккита изотермадан ташкил топадиган қайтар циклни таклиф этди.



4.2 - расм. Карно цикли

Бу циклда ишчи жисм сифатида газдан фойдаланилади.

Ишчи жисм бошланғич ҳолати параметрлари P_1 V_1 T_1 бўлган 1 нукта билан аниқланади (4.2 - расм).

Ишчи жисм иссиқлик манбаидан Q_1 иссиқлик олиши натижасида 1-2 чизик бўйича изотермик кенгаяди, бунда у ташқаридан берилган иссиқлик ҳисобига иш бажаради. 2 нуктада иссиқлик манбаи цилиндрдан ажратиб қўйилади ва цилиндр термик изоляцияланади. Ишчи жисм ташқи муҳит билан иссиқлик алмашмай 2-3 чизик бўйича адиабатик кенгаяди ва ўзининг ички энергияси ҳисобига иш бажаради. Шундан сўнг бирорта ташқи манбадан олинadиган иш ҳисобига ишчи жисм 3-4 чизик бўйича изотермик сиқилади. Ишчи жисм изотермик сиқилиш процессида совиткичга Q_2 иссиқлик миқдори беради. 4 нуктада цилиндр термик изоляцияланади ва ишчи жисм 4-1 чизик бўйича адиабатик сиқилиб, ўзининг бошланғич ҳолатига қайтади. Карно цикли диаграммада 12341 ёпиқ эгри чизик билан тасвирланади ва шу юзага сон жиҳатдан тенг L иш бажарилади (4. 2-расм . PV-диаграмма).

TS-диаграммада 12341 юза сон жиҳатдан Карно циклининг фойдали ишига айлантирилган иссиқлик миқдorigа тенг. Иккала диаграммада юзалар ўзарo тенг.

Карно циклининг термик ф. и. к. (4. 1) ифода бўйича аниқланади.

$$\eta_t = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

ифодага кўра:

$$Q_1 = T_1(S_2 - S_1) \quad \text{ва} \quad Q_2 = T_2(S_3 - S_4)$$

Айланма процессда $\oint \delta S = 0$ бўлганлиги учун:

$$S_2 - S_1 = S_3 - S_4 = |\Delta S| \quad \text{ва}$$

$$\eta_t = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2 |\Delta S|}{T_1 |\Delta S|} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad (4.3)$$

(4.3) ифодадан кўришиб турибдики, Карно циклининг термик ф.и.к. ишчи жисмнинг хоссларига боғлиқ бўлмасдан, балки фақат иссиқ ва совик манбаларнинг абсолют температуралари T_1 ва T_2 нинг қийматлари билан аниқланади. Бу температуралар фарқи қанчалик катта бўлса, яъни T_1 ортиши ва T_2 камайиши билан Карно циклининг термик ф.и.к. катталашади.

Карно циклининг термик ф.и.к. доимо бирдан кичик бўлади, чунки (4.3) ифодага кўра $T_2/T_1 = 0$ яъни $T_2 = 0$ ёки $T_1 = \infty$ бўлгандагина бирга тенг бўлиши мумкин эди, идеал циклда ҳам бундай температура ҳосил қилиб бўлмайди. Иссиқлик двигателларида совиткич температураси бу атроф-муҳит температураси $T_2 \approx 260 - 310 \text{ K}$; иссиқ манба температураси буғ-куч қурилмаларида $T_1 \approx 800 - 850 \text{ K}$, ички ёнув двигателларида эса ёниш маҳсулотлари температураси $T_1 \approx 2500 \text{ K}$ атрофида бўлади.

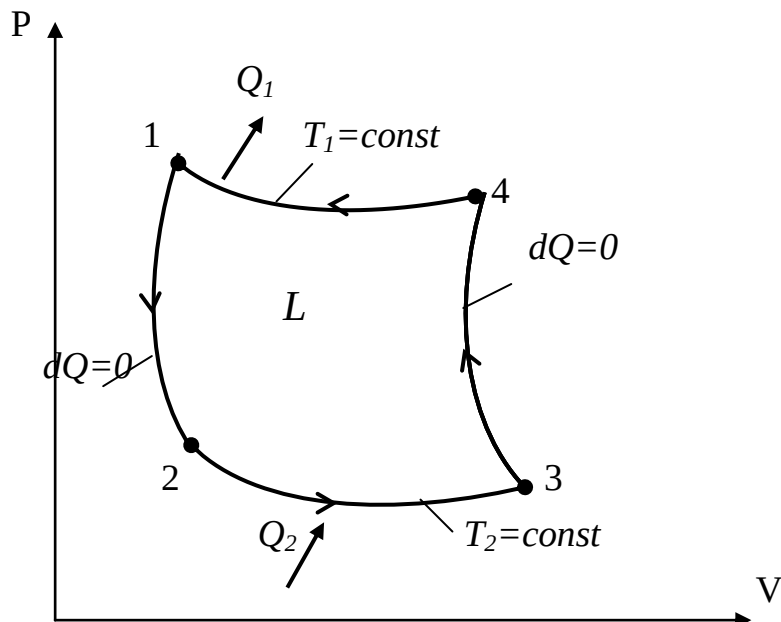
Карно циклининг термик ф. и. к. $T_1 = T_2$ бўлса нолга тенг бўлади, бу эса системанинг барча жисмлари температураси тенг бўлса иссиқликни ишга айлантириш мумкин эмаслигини кўрсатади.

Карно циклининг термик ф. и. к. қиймати шу температуралар чегарасида содир бўладиган барча реал цикллар ф. и. к. дан юқори бўлади. Маълумки, барча реал процессларда ишқаланишга иш сарфи, иссиқлик алмашинуви ва бошқа сарфлар мавжуд ва улар қайтмас процесслардир.

Ҳар қандай реал циклнинг ф. и. к. қийматини Карно цикли ф. и. к. билан таққослаб, ушбу цикл бўйича ишлаётган иссиқлик двигателининг такомиллашганлик даражасини ва иссиқликдан фойдаланиш самарадорлигини аниқлаш мумкин бўлади. Карно цикли эталон бўлиб хизмат қилади, реал машиналар яратишда шу эталонга яқинлаштиришга ҳаракат қилиш лозим бўлади.

Реал иссиқлик двигателларида Карно цикли, амалий жиҳатдан қийин бўлганлиги учун амалга оширилмайди, яъни назарий цикл ҳисобланади.

Юқорида кўриб чиқилган тўғри қайтар Карно цикли, тескари йўналишда ҳам амалга ошиши мумкин.



4. 3 - расм.

Карнонинг тескари циклида совитиладиган объектдан Q_2 иссиқлик T_2 паст температурада совитиш агентига (идеал газ) узатилади. Сўнгра совитиш агенти буғларини сиқиш учун компрессорда механик иш сарфланади. Натижада совитиш агенти температураси ортади ва у ўзида мужассам этган Q_2 иссиқлик ва сарфланган механик иш L га эквивалент бўлган иссиқликни (Q_2KL) атроф-муҳитга узатади. Бунда ишчи жисм, яъни совитиш агенти совитиш машинасида тескари айланма процесс бўлган совитиш циклини бажаради. Атроф-муҳитга узатилган умумий иссиқлик энергиянинг сақланиш қонунига кўра $Q_1 = Q_2KL$ ни ташкил этади.

Совитиш объектидан иссиқликни совитиш агентига ва ундан иссиқликни атроф-муҳитга узатилиши изотермик кечади. Совитиш агенти 2-3 чизик бўйлаб изотермик кенгайганда T_2 температурали совитиш объектидан Q_2 иссиқликни ютади. Сўнгра совитиш агенти 3-4 чизик бўйлаб адиабатик сиқилади ва унинг температураси атроф-муҳит температурасигача ортади. 4-1 жараёнда совитиш агенти атроф-муҳитга Q_1 иссиқликни беради ва сўнгра 1-2 чизик бўйлаб адиабатик кенгаяди. Кенгайиш охирида унинг температураси T_2 га қадар пасаяди ва цикл тугайди.

Совитиш машиналари самарадорлиги (4. 2) ифода билан аниқланади:

$$\varepsilon = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2}$$

ёки тескари Карно цикли учун :

$$\varepsilon = \frac{T_2}{T_1 - T_2} \quad (4. 4)$$

4.4 ТЕРМОДИНАМИКА ИККИНЧИ ҚОНУНИНИНГ МАТЕМАТИК ИФОДАСИ

Қайтар Карно цикли учун :

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

Жисмдан олинаётган иссиқлик миқдори Q_2 манфий ва

$$\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = 0 \quad \text{ёки} \quad \sum \frac{Q}{T} = 0 \quad (4.5)$$

Ишчи жисм олган ёки берган иссиқлик миқдорининг мазкур процесс амалга ошадиган абсолют температурага нисбати иссиқликнинг келтирилган миқдори деб аталади.

Қайтар Карно цикли учун иссиқликнинг келтирилган миқдори алгебраик йиғиндиси нолга тенг.

Ушбу хулоса ҳар қандай қайтар цикл учун ҳам ўринлидир. Агар ихтиёрий қайтар цикл чексиз кўп элементар Карно циклидан иборат бўлса, ҳар бир элементар Карно цикли учун:

$$\sum \frac{dQ}{T} = 0 \quad (4.6)$$

У ҳолда бутун ихтиёрий цикл учун:

$$\oint \frac{dQ}{T} = 0 \quad (4.7)$$

бу ерда - $\oint$ берк контур бўйича интеграллаш белгиси.

Демак, ҳар қандай ихтиёрий қайтар цикл учун иссиқликнинг келтирилган миқдори алгебраик йиғиндиси нолга тенг. (4. 7) ифода 1854 йилда Р. Клаузиус томонидан келтириб чиқарилган бўлиб, Клаузиус интеграли дейилади. 2-бобдан маълумки:

$$\frac{dQ}{T} = dS \quad \text{ва} \quad \oint dS = 0 \quad \text{ёки} \quad dQ = T dS \quad (4.8)$$

(4. 8) ифода қайтар процесслар учун термодинамика иккинчи қонунининг математик ифодаси ҳисобланади.

қайтмас Карно цикли учун:

$$\sum \frac{Q}{T} < 0 \quad (4.9)$$

Ихтиёрий қайтмас цикл учун иссиқликнинг келтирилган миқдори алгебраик йиғиндиси нолдан кичик:

$$\oint \frac{dQ}{T} < 0 \quad (4.10)$$

Ушбу ифода Клаузиус иккинчи интегралли дейилади.

Циклни амалга оширувчи ишчи жисм учун

$$\oint dS = 0 \quad \text{ва} \quad \oint \frac{dQ}{T} < \oint dS = 0 \quad (4.11)$$

Бунга кўра: $\frac{dQ}{T} < dS$ ёки $dQ < T dS$ (4.12)

(4.12) ифода қайтмас процесслар учун термодинамика иккинчи қонунининг математик ифодаси ҳисобланади.

(4.8) ва (4.12) ифодаларни умумлаштириб, термодинамиканинг иккинчи қонунини аналитик равишда қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$dS \geq \frac{dQ}{T} \quad (4.13)$$

Бу ифодадаги тенглик белгиси қайтар, тенгсизлик белгиси қайтмас процесслар учун ўринли.

(4.13) ифодага кўра энтропиянинг ўзгариши температурага тесқари пропорционал, маълумки ишчи жисм температураси қанча юқори бўлса иссиқлик двигателларида шунчалик кўп иссиқлик ишга айланиши мумкин. Демак энтропия температура орқали ишга айланиши мумкин бўлган иссиқлик миқдорини характерлайди.

Табиий процесслар, яъни ўз-ўзидан содир бўладиган ҳар қандай процесс қайтмас процесс ва энтропиянинг ўсиши билан боради.

Ўз-ўзидан содир бўладиган процесслар изоляцияланган системада бу система энтропияси максимумга етганига қадар давом этади.

Мувозанат ҳолатга эришгандан сўнг ўз-ўзидан содир бўладиган процесслар тўхтади ва система мувозанат ҳолатда бўлади.

$dS \geq 0$ муносабатга асосан, энтропия ортадиган процессларгина амалга ошиши мумкин. Демак, $dS \geq 0$ муносабат процесснинг амалга ошиши мумкин бўлган йўналишини кўрсатади. Бу эса термодинамика икинчи бош қонунининг мазмунидир. Шу сабабли изоляцияланган системадаги табиий процесслар энтропияси ортадиган йўналишда амалга ошади, деб таърифланадиган энтропиянинг ортиш қонунини термодинамиканинг иккинчи қонуни деб аталади. Энтропиянинг ортиб бориши қайтмас процессларда изоляцияланган системанинг иш бажариш қобилиятини камайшига олиб келади.

Бир хил шароитда поршень билан двигатель цилиндри деворлари орасида ишқаланиш қанчалик кам бўлса, олинган иш шунчалик катта бўлади. Лекин ишқаланиш типик қайтмас процессдан иборат.

СИНОВ САВОЛЛАРИ:

1. Термодинамика иккинчи қонунининг мазмуни.
2. Термодинамика иккинчи қонунининг асосий таърифлари.
3. Термик ф.и.к. ва совитиш коэффициенти.
4. Карно цикли.
5. Термодинамика иккинчи қонунининг тенгламаси.
6. Иккинчи тур абадий двигатель.
7. Цикллар.
8. Иссиқлик машинаси цикли.
9. Совитиш машинаси цикли.
10. Карнонинг тескари цикли.
11. Табiiй процессларда энтропияни ўзгариши.

ТАЯНЧ ИБОРАЛАР

Термодинамика иккинчи қонуни, Р.Клаузиус таърифи, В.Томсон таърифи, М.Планк таърифи, айланма термодинамик процесс, цикл, термик ф.и.к., совитиш коэффициенти, Карно цикли, абадий двигатель, иссиқлик двигатели, совитиш машинаси.

5 - МАЪРУЗА. СУВ БУҒИ

РЕЖА:

5.1 Буғ ҳосил бўлиш процесси.

5.2 Буғ ҳосил бўлиш процессининг p - T - диаграммада тасвирланиши.

5.3 Сув бугининг ts ва is –диаграммаси.

АДАБИЁТЛАР

1. Нашокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача М., 1980. 162-173 б.
2. Черняк О.В. Теплотехника ва гидравлика асослари. Тошкент, 1997 й. 124-137 б.
3. Асраев Р.А., Эфендиев А.М., Сафаров Р.Т. Иссиқлик техникаси. Бухоро 2001 й. 56-65 б.

5.1. БУҒ ҲОСИЛ БЎЛИШ ПРОЦЕССИ

Сув буғи буғ турбиналари, буғ машиналари ва бошқа бир неча қурилмаларда ишчи жисм, иссиқлик алмашинув қурилмаларида эса иссиқлик ташувчи сифатида кенг қўлланилади.

Модданинг суюқ ҳолатдан газ ҳолатига ўтиши **буғланиш** дейилади. Бунда молекулаларнинг бир қисми суюқлик юзасидан қолган молекулаларнинг тортишиш кучини енгиб, учиб чиқади ва атроф - муҳитга тарқалади. Кинетик энергияси анча катта бўлган молекулаларгина бундай иш бажара олади.

Агар суюқлик ўзгармас босимда иситилса, унинг молекулаларининг барча ҳажм бўйича ҳаракат тезлиги ортади ва буғ ҳосил бўлиш кучаяди. Суюқликнинг физик хусусиятига ва босимга қатъий мувофиқ келадиган муайян температурада буғланиш процесси қайнаш процессига айланади.

Суюқликнинг фақат эркин сиртидан эмас, балки бутун ҳажми бўйича жадал равишда буғга айланиши ва буғ пуфакчаларининг тез ҳосил бўлиши ва кўпая бориши **қайнаш** дейлади.

Буғланиш процессига тескари процесс, яъни модданинг газ ҳолатидан суюқ ҳолатига ўтиши конденсатланиш дейилади.

Босим ўзгармас бўлган пайтда конденсатланиш процессида буғланишда бўлгани каби температура ўзгармасдан қолади.

Агар буғланиш ёпиқ идишда кетаётган бўлса, у ҳолда буғ миқдори мувозанат қарор топгунча, яъни суюқлик ва буғ миқдорлари ўзгармас бўлгунча ортаверади. Бу вақт бирлиги ичида суюқликдан чиқиб кетаётган зарралар сони шу вақт ичида суюқликка қайтаётган зарралар сонига тенг деган сўздир. Суюқлик билан мувозанатда турган буғ **тўйинган буғ** дейилади.

Тўйинган буғнинг температураси у ҳосил бўлаётган қайнаётган суюқлик температурасига тенг бўлади.

Қайнаш содир бўладиган температура билан босим бир-бирига боғлиқдир. Улар тўйиниш температураси ва босими дейилади ва t_m, p_m билан белгиланади. Суюқлик қайнайдиган босим қанчалик юқори бўлса, қайнаш температураси ҳам шунча юқори бўлади.

Температураси ва босими тўйиниш босими билан температурасига тенг, лекин таркибида сув зарралари бўлмаган буғ **қуруқ буғ** дейилади.

Суюқликка тегиб турган ва унинг устидаги бўшлиқни тўйинтирадиган буғ **тўйинган нам буғ** дейилади. Тўйинган нам буғ-буғ билан жуда майда сув томчилари аралашмасидир. Буғдаги суюқлик зарраларининг миқдори буғнинг қуруқ ёки намлик даражасини белгилайди.

Қуруқ тўйинган буғ массасини тўйинган нам буғ массаси йиғиндисига (буғ ва суюқлик аралашмаси) нисбати X билан белгиланади ва **буғ сақлами ёки буғнинг қуруқлик даражаси** дейилади.

Нам буғдаги қайнаётган суюқликнинг массаси улушига буғнинг **намлик даражаси** дейилади ва Y билан белгиланади.

$$y = 1 - x$$

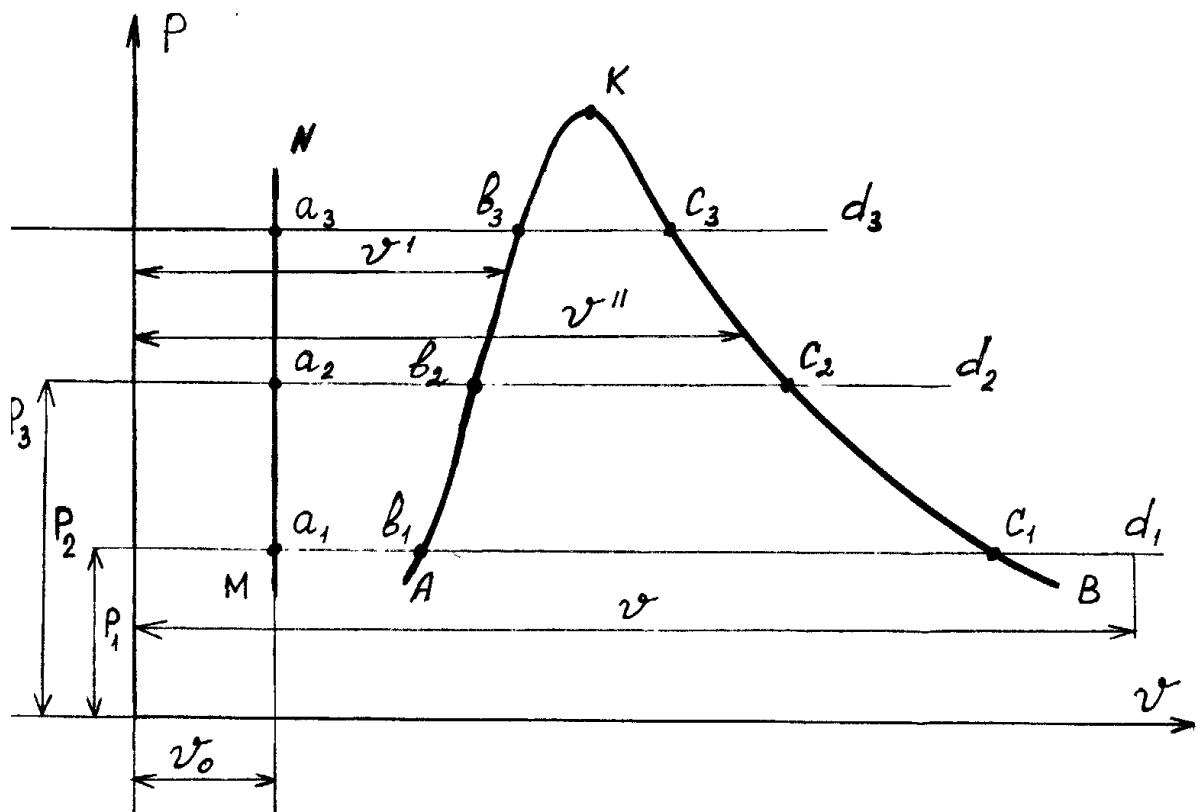
Агар $X = 0,6$ бўлса, у ҳолда $Y = 1 - 0,6 = 0,4$ бўлади, тўйинган нам буғ 60% қуруқ буғ билан 40 % суюқликдан (сувдан) иборат бўлади.

Агар тўйинган қуруқ буғга ўзгармас босимда иссиқлик берилса, унинг температураси кўтарилиб, ҳажми ортади ва ҳосил бўлган буғ **ўта қизиган буғ** дейилади.

5.2 БУҒ ҲОСИЛ БЎЛИШ ПРОЦЕССИНИНГ Р 9 - ДИАГРАММАДА ТАСВИРЛАНИШИ

Суюқлик ва буғдан иборат системанинг фазовий Р 9 диаграммаси, сув ва буғ солиштира ҳажмининг босимга боғлиқлик графигидан иборат.

Сув температураси 0^0 С ва босими P бўлганда солиштира ҳажми 9 бўлсин (5.1- расм), бу ҳолат a_1 нуқтага мос келади.



5.1 - расм.

Агар ўзгармас P_1 босимда сувга иссиқлик берсак, сувнинг солиштирма ҳажми ва температураси ортиб боради. Сувнинг температураси P_1 босимга мос $t = t_m$ бўлган b_1 нуқтада қайнаш бошланади. Бу вақтда сув $\mathcal{Q}$ ҳажмни эгаллайди. Иссиқлик беришни давом эттирсак $b_1 - c_1$ чизиқ бўйича буғ ҳосил бўлиш процесси амалга ошади. Бу процессда температура ўзгармасдан қолади ($t_m = \text{const}$) чунки шу вақтда келтирилган иссиқлик сув ва буғ температурасининг кўтарилишига эмас, балки фақат молекулалар орасидаги тортишиш кучларини енгишга ва буғнинг кенгайиш ишига сарфланади. Бу процессда икки фазали муҳит: сув K буғ бўлади, бу муҳит **тўйинган нам буғ** дейилади.

Нуқта C да суюқликнинг охириги зарраси ҳам буғга айланиб $\mathcal{Q}$ ҳажмни эгаллайди ва тўйинган қуруқ буғ ҳосил бўлади. Агар тўйинган қуруқ буғга ўзгармас босимда иссиқлик келтирилиши давом эттирилса, ўта қизиган буғ ҳосил бўлади. Ўта қизиган буғнинг ҳолатини белгиловчи d нуқта қанчалик кўп иссиқлик миқдори келтирилса шунчалик ўнграқ томонга силжийди. Бу пайтда унинг температура ва солиштирма ҳажми $\mathcal{Q}$ ортиб боради.

Энди сувнинг юқорирак P_2 босимда ($P_2 > P_1$) буғга айланиш процессини кўриб чиқамиз. Маълумки, босим ортиши билан қайнаш температураси ҳам

кўтарилади. Сув сиқилмайдиган модда бўлганлиги сабабли, унинг дастлабки ҳажми ўзгармасдан ϑ_0 га тенг бўлиб қолади (нуқта d_2).

Сувнинг қайнаш бошланишини кўрсатувчи b_2 нукта (қиздирилганда кенгайиш ҳисобига) b_1 нуктадан ўнг томонда жойлашади, яъни ҳажми ϑ ($\vartheta_{b_2} > \vartheta_{b_1}$) кўпаяди. Тўйинган куруқ буғнинг ҳолатини белгиловчи C нукта эса C нуктадан чапроқда жойлашади. Демак, босим ва температура ортиши билан тўйинган куруқ буғнинг солиштира ҳажми ϑ ($\vartheta_{c_2} < \vartheta_{c_1}$) камаяди.

Юқорида кўриб чиққанemizдек $P_3 > P_2$ босимда a_3 , b_3 , c_3 ва d_3 нукталар ҳосил бўлади.

Агар сувнинг қайнаш нукталари b_1 , b_2 ва b_3 ни ўзаро бирлаштирсак, суюқликнинг чегара эгри чизиғи АК ҳосил бўлади. АК чизиқнинг исталган нуктасида буғ сақлами $x=0$ бўлади.

Агар C_1 , C_2 ва C_3 нукталарини ўзаро туташтирсак, буғнинг чегара эгри чизиғи ВК ҳосил бўлади. Бу P ва ϑ нинг исталган қийматларида буғ сақлами $x=1$ бўладиган чизиқдир.

АК ва ВК эгри чизиқлар диаграммани қуйидаги уч соҳага бўлади: АК ва ВК чегара эгри чизиқлар орасидаги тўйинган буғ соҳаси; ВК эгри чизиқдан ўнгрокда ва К нуктадан юқорида жойлашган, ўта қизиган буғ соҳаси;

АК эгри чизиқдан чапда жойлашган суюқлик соҳаси.

АК ва ВК чегара эгри чизиқлар туташадиган К нукта **критик нукта** дейилади. Бу нуктада суюқлик билан унинг тўйинган буғи орасидаги фарқ йўқолади, яъни модда газ ва суюқ жисмларнинг хоссаларига эга бўлади.

Сув буғи учун критик параметрлар қуйидагича: $t = 374,12$ °С
 $\vartheta_k = 0,003147$ м³ / кг ; $P_k = 22,1145$ МПа; $i_k = 2095,2$ кДж/кг; $S_k = 4,424$ кДж/кг·К

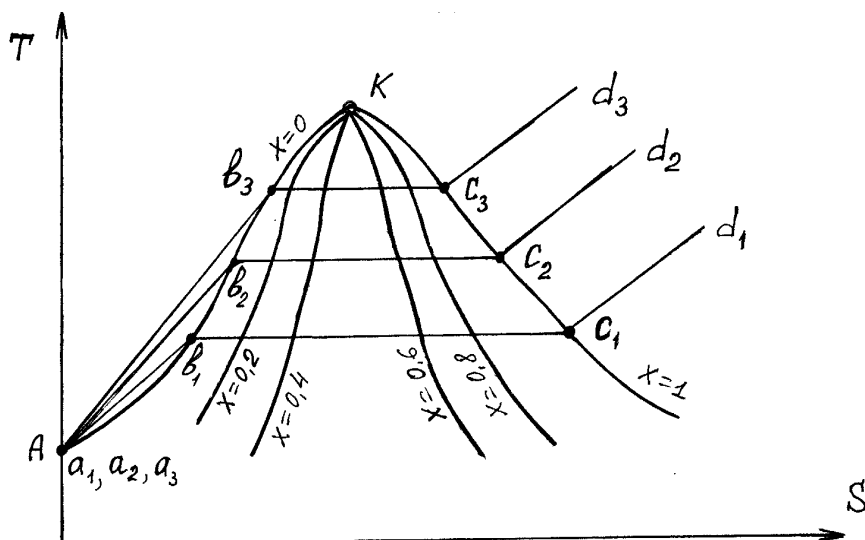
5.3 СУВ БУҒИНИНГ TS ВА IS –ДИАГРАММАСИ

TS - диаграммада процесс эгри чизиғининг остидаги юза билан, жисмга берилган ёки ундан олинган иссиқлик миқдори аниқланади.

5.2.-расмда сув буғининг Ts - диаграммаси тасвирланган. Буғланиш процессининг Pv - диаграммасидаги ҳар бир нуктасини TS - диаграммасига кўчирамиз.

Ts- диаграмма термодинамик процесслар ва циклларни текширишда, яъни процессдаги иссиқлик миқдори ва қайтар циклларда иш миқдорини топишда кенг қўлланилади. Бундан ташқари Ts- диаграммада температура ўзгаришини аниқ

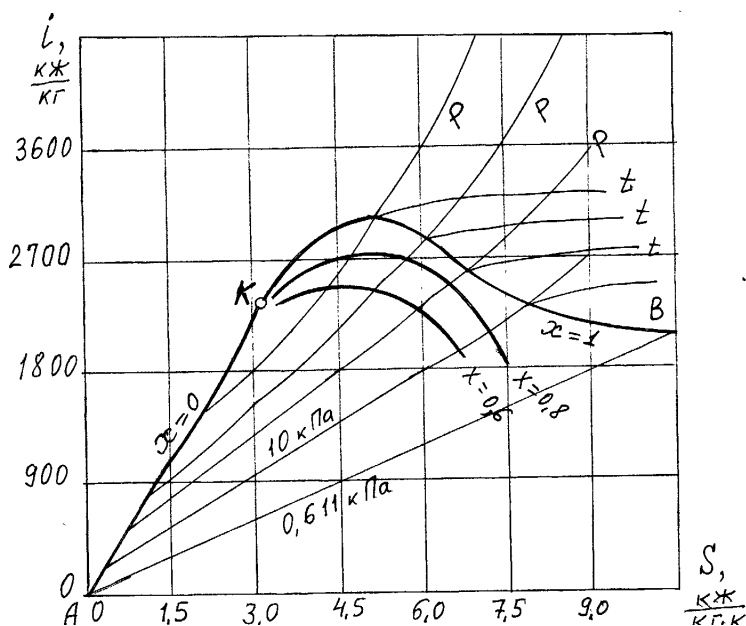
кўриш мумкин. Диаграмманинг нокулайлиги шундан иборатки, иссиқлик миқдорини аниқлаш учун ҳар гал тегишли юзаларни ҳисоблаб чиқиб топишга тўғри келади.



5.2 - расм.

Агар энтропия диаграммасининг ординаталари ўқига энтальпия қийматлари қўйилса, у ҳолда $S=\text{const}$ бўлгандаги иш ва $P=\text{const}$ бўлгандаги иссиқлик миқдори Ts -диаграммадагидек юзалар билан эмас, балки чизик кесмалари билан тасвирланади.

Бугун процесслари ва цикллари термодинамикaviй текшириш ҳамда ҳисоблашда $i-s$ диаграммадан фойдаланиш ҳисоблаш методикасини анча соддалаштиради.



5.3 -расм.

5.3.- расмда сув буғи учун - $i-s$ диаграмма схема тарзида кўрсатилган

Термодинамикада 0^0 С температурадаги энтропия ва энтальпия шартли равишда нолга тенг деб ҳисобланади. Бу ҳолат is - диаграммада координаталар боши билан тасвирланади.

Сувнинг АК ва буғнинг ВК эгри чизиклари критик нукта К да тутшиб диаграммани икки соҳага бўлади. Бу эгри чизиклардан юқорида ўта қизиган буғ соҳаси, пастда эса тўйинган нам буғ соҳаси жойлашган.

Тўйиниш соҳасидаги изобаралар ноль нуктадан бошланиб, босим қанчалик катта бўлса, изобаралар шунчалик юқорида жойлашади.

Ўта қизиган буғ соҳасида юқоридаги чегара эгри чизикда изобара ва изотермалар бир-биридан ажралади.

СИНОВ САВОЛЛАРИ:

1. Буғланиш жараёни.
2. Буғларнинг турлари.
3. Буғнинг қуруқлик даражаси.
4. Сув буғининг $P\theta$ ва TS – диаграммалари.
5. Сув буғининг параметрлари.
6. Сув буғининг is – диаграммаси.
7. Критик нукта нима ?
8. Қайнаш.
9. Босимни буғланиш жараёнига таъсири.
10. Ts ва is – диаграммаларда иссиқликни аниқлаш.

ТАЯНЧ ИБОРАЛАР

Буғланиш, қайнаш, конденсация, тўйинган буғ, қуруқ буғ, нам буғ, буғ сақлами, буғнинг намлик даражаси, ўта қизиган буғ, критик нукта, нам ўаво, абсолют намлик, нисбий намлик, нам сақлами.

6 - МАЪРУЗА. ГАЗ ВА БУҒЛАРНИНГ ОҚИБ ЧИҚИШИ ВА ДРОССЕЛЛАНИШИ

РЕЖА:

6.1 Асосий тушунчалар.

6.2 Бажариладиган иш. Оқим учун термодинамиканинг биринчи қонуни тенгламаси.

6.3 Дросселлаш

АДАБИЁТЛАР

1. Нашокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача М., 1980. 180-203 б.
2. Ларигов Н.Н. Теплотехника. М., 1986 й. 102-120 б.
3. Эфендиев А.М., Асраев Р.А. Иссиқлик техникасидан қисқача лекция курси. Бухоро. 1992 й. 66-72 б.

6.1 АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР

Буғ ва газ турбиналари, турбокомпрессорлар, реактив двигателлар, ракеталар ва бошқа кўпчилик ҳозирги замон машиналаридаги иш процесслари ишчи жисм-газ ёки буғ оқимининг кинетик энергиясидан фойдаланишга асосланган.

Газ оқимининг кинетик энергияси унинг оқиш тезлигининг квадратиға пропорционал бўлади ва оқимнинг оқиш тезлиги қанчалик юқори бўлса, унинг иш бажариш хусусияти ҳам шунчалик катта бўлади. Газ оқими тезлигини катталаштириш учун унинг ўзгарувчан кесимли каналдан оқиб ўтишида кенгайиш хусусиятидан фойдаланилади.

Газнинг оқиб чиқишида йўналган оқимча ҳосил қилиш учун ўзгарувчан кесимли каналлари бор махсус насадкалар ишлатилади. Газнинг ички энергиясини ҳаракатнинг кинетик энергиясига айлантирадиган насадкалар **соплалар** дейилади.

Газ сопло бўйлаб ҳаракатланганда унинг босими пасаяди, тезлиги эса ортади. Баъзан оқиб чиқиш процессларида тезлик пасайиши ҳисобига босим кўтарилади. Бундай ҳоллар учун **диффузорлар** дейиладиган насадкалардан фойдаланилади.

6.2 БАЖАРИЛАДИГАН ИШ. ОҚИМ УЧУН ТЕРМОДИНАМИКАНИНГ БИРИНЧИ ҚОНУНИ ТЕНГЛАМАСИ

Газ оқимини текширишда, барқарор адиабатик оқиш ҳолини, яъни иссиқлик алмашинувисиз кечадиган оқиш ҳолини текшириш катта аҳамиятга эга.

Соплонинг исталган кесимида газнинг барча параметрлари вақт ўтиши билан ўзгармайдиган оқиб чиқиш процесси барқарор оқиб чиқиш процесси дейилади.

Охирги тезлик билан ҳаракат қилаётган газ ҳолати ўзгариши процессида иссиқлик на фақат ички энергия ўзгариши ва ташқи иш бажаришга, балки газнинг канал бўйлаб силжиганида ташқи кинетик энергиясининг ортишига ҳам сарф бўлади.

Газ учун термодинамика биринчи қонунининг дифференциал кўриниши қуйидагича ифодаланади:

$$d q = d u + d l' + \frac{d w^2}{2} \quad (6.1)$$

бунда: $d q$ - ташқи манбадан келтирилган солиштирма иссиқлик миқдори;

$d u$ - газ солиштирма ички энергиясининг ўзгариши;

$d l'$ - оқимни силжитишга сарфланган иш (силжитиш иши);

$\frac{d w^2}{2}$ - ишчи жисм ташқи кинетик энергиясининг ўзгариши.

Элементар силжитиш ишини қуйидагича топишимиз мумкин:

$d l' = d(p\vartheta)$ (6.2) у ҳолда (6.1) - тенглама қуйидагича кўринишга келади.

$$d q = d u + d(p\vartheta) + \frac{d w^2}{2} \quad \text{ёки} \quad d q = d(u + p\vartheta) + \frac{d w^2}{2}; \quad i = u + p\vartheta$$

$$d q = d i + \frac{d w^2}{2} \quad \text{ёки} \quad q = i_2 - i_1 + \frac{w_2^2 - w_1^2}{2} \quad (6.3)$$

Демак газ оқимида келтирилган иссиқлик миқдори унинг энтальпияси ва ташқи кинетик энергиясини ўзгаришига сарф бўлади.

Ишчи жисм ва ташқи муҳит орасида иссиқлик алмашилиш содир бўлмаган пайтда, яъни адиабатик оқимга (6.3) тенглама қуйидагича ўзгаради:

$$d i + \frac{d w^2}{2} = 0 \quad \text{ёки} \quad i_1 - i_2 = \frac{w_2^2 - w_1^2}{2} \quad (6.4)$$

Ишчи жисм бошланғич тезлиги нолга тенг бўлганда оқим тезлиги ушбу формула билан топилади:

$$w = \sqrt{2(i_1 - i_2)} \quad (6.5)$$

Агар $(i_1 - i_2)$ кж/кг ларда ифодаланса, у ҳолда

$$w = 44,7 \sqrt{(i_1 - i_2)}$$

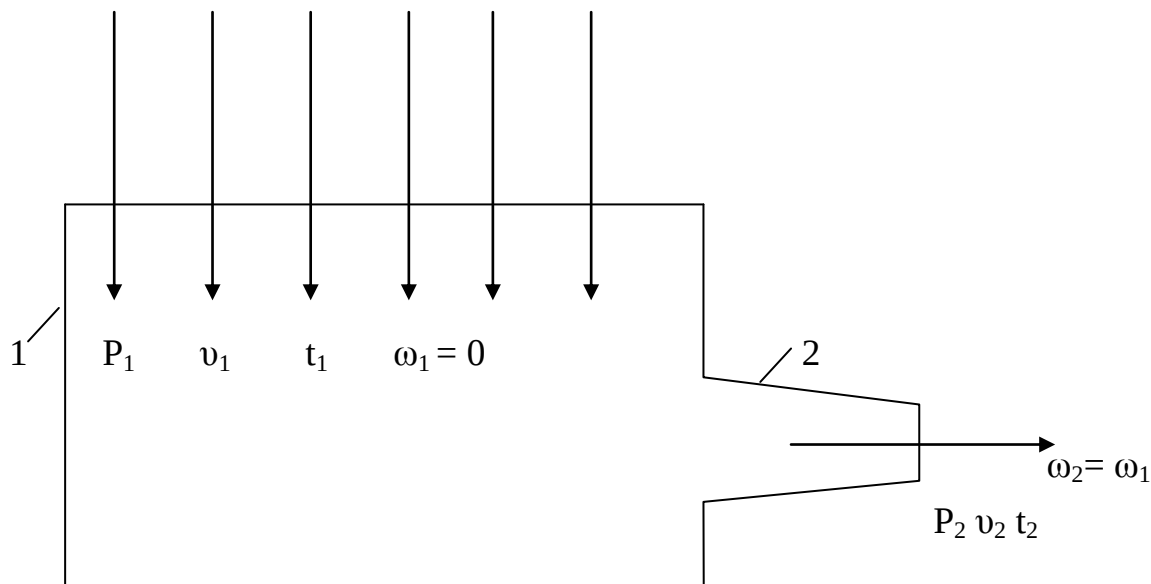
Бу ерда энтальпия i_1 ва i_2 IS -диаграммадан ёки жадвалдан аниқланади.

Газнинг соплодан оқиб чиқиш процессини кўриб чиқамиз.

6.1-расмда ичида P_1 -босимли газ бор идиш кўрсатилган. Газ идишдан сопло орқали P_2 босимли бўшлиққа оқиб чиқишини кузатамиз.

Газ соплодан босимлар фарқи $P_1 - P_2$ таъсирида оқиб чиқади.

Бунда 1 кг газни силжитиш учун ташқи кучлар l иш бажаради ва 1 кг газ соплодан оқиб чиқишида кенгайиш иши $l_{кенг}$ ни бажаради.



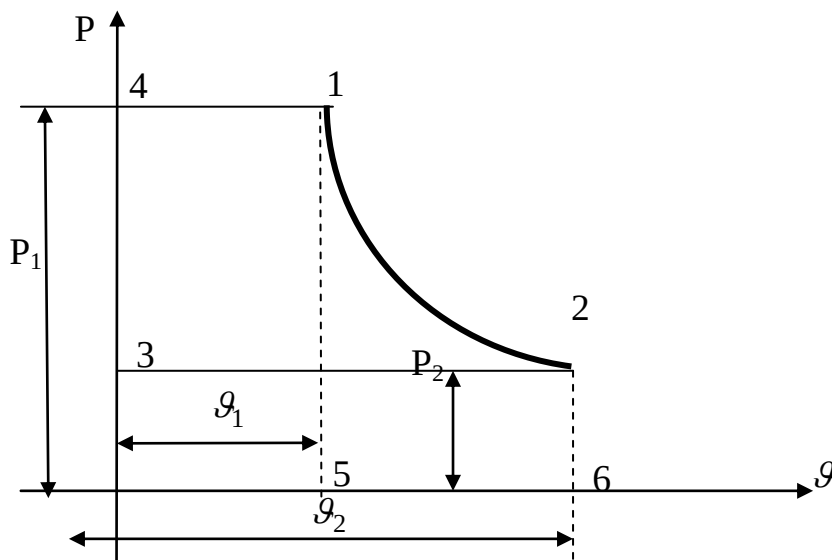
6.1 - расм.

Шунинг учун соплодан 1 кг газ оқиб чиқишида бажариладиган тўлиқ иш:

$$l_{тулик} = l_{кенг} + p_1 \vartheta_1 - p_2 \vartheta_2 \quad (6.6)$$

Маълумки адиабатик кенгайиш иши қуйидаги формула билан аниқланиши мумкин:

$$l_{кенг} = \frac{1}{\kappa - 1} (p_1 \vartheta_1 - p_2 \vartheta_2)$$



6.2-рasm.

(6. 6) формулага $l_{кенг}$ нинг қийматини қўйиб қуйидагини оламиз:

$$l_{mul} = \frac{\kappa}{\kappa - 1} (p_1 g_1 - p_2 g_{21}) \quad \text{ёки} \quad l_{mul} = \frac{\kappa}{\kappa - 1} (p_1 g_1 (1 - \frac{p_2}{p_1})^{\frac{\kappa-1}{\kappa}})$$

тўлиқ иш l_{mul} бажариладиган иш дейилади.

$P-g$ - диаграммада (6.2-рasm). бажариладиган иш 1234 юза билан тасвирланади, кенгайиш иши l эса 1265 юзага тенг, яъни бажариладиган иш кенгайиш ишидан K марта кўп:

$l_{mul} = K l$ адиабатик процессда газнинг оқиб чиқиш тезлиги:

$$d l_{mul} = \frac{d w^2}{2} \quad \text{ёки} \quad l_{mul} = \int_1^2 \frac{d w^2}{2} = \frac{w_2^2 - w_1^2}{2}$$

бундан: $w_2 = \sqrt{2 l_{mul} + w_1^2}$

Газнинг бошланғич тезлиги оқиб чиқиш тезлигидан жуда кичик, шунинг учун уни ҳисобга олинмаслиги катта хато бўлмайди.

Демак адиабатик процессда газнинг оқиб чиқиш тезлигини ушбу тенгликдан топиш мумкин:

$$w = \sqrt{2 l_{mul}} = \sqrt{2 (\kappa / (\kappa - 1)) (p_1 g_1 - p_2 g_2)} \quad \text{ёки}$$

$$w = \sqrt{2 (\kappa / (\kappa - 1)) (p_1 g_1 (1 - (p_2 / p_1)^{(\kappa-1)/\kappa}))}$$

Газнинг соплодан оқиб чиқишидаги массавий сарфи:

$$m = \frac{a w}{g_2}$$

бу ерда: a - каналнинг чиқиш кесим юзаси:

w -оқим тезлиги; ϑ -чиқиш кесими юзасида газнинг солиштирма ҳажми.

Адиабатик процесс учун:

$$\vartheta_2 = \vartheta_1 (p_1 / p_2)^{1/k}$$

У ҳолда идеал газнинг массавий сарфи m кг/сек ҳисоблаб топиладиган формула:

$$m = \frac{\delta \sqrt{2(k/(k-1)) p_1 \vartheta_1 (1 - (p_2 / p_1)^{(k-1)/k})}}{\vartheta_1 (p_1 / p_2)^{1/k}} \quad \text{ёки}$$

$$m = \delta \sqrt{2(k/(k-1)) p_1 \vartheta_1 (p_2 / p_1)^{2/k} - (p_2 / p_1)^{(k+1)/k}} \quad (6.11)$$

6.4 ДРОССЕЛЛАШ

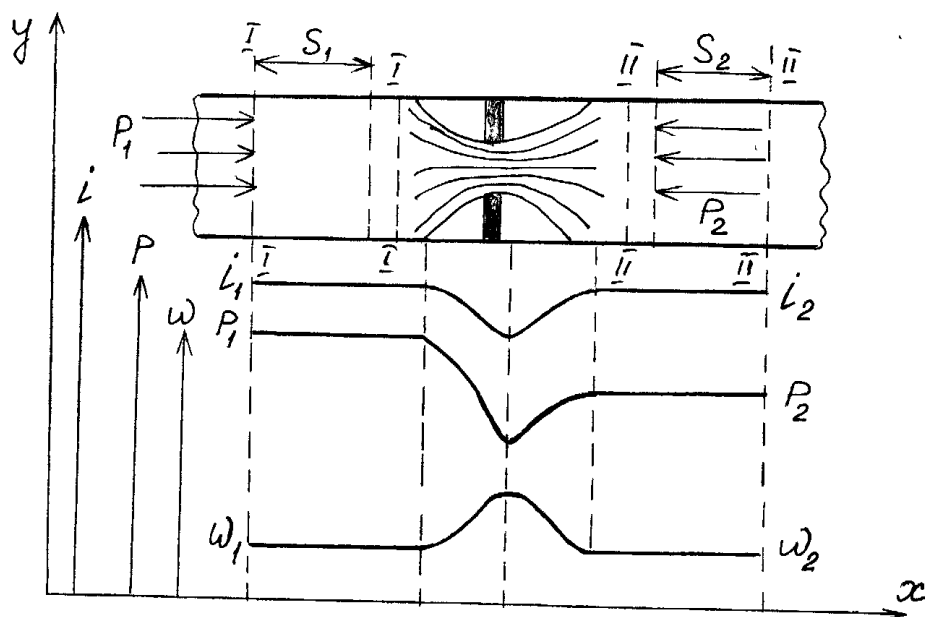
Кувор ёки бирор бошқа каналда оқаётган газ ёки суюқлик оқимчаси йўлида кесими кувор ёки канал кесимидан анча кичик бўлимлар бўлса, у ҳолда шу бўлимдан чиқишда газнинг босими пасаяди.

Каналдаги торайган жой орқали оқиш процессида газ босимининг пасайиш ҳодисаси газнинг **дросселланиши** ёки **ғижимланиши** дейилади.

Дросселланиш процесси амалда кўп учрайди.

Масалан: тўлиқ очилмаган жумраклар, задвижкалар, клапанлар, шайбалар ва бошқа қаршиликлардан суюқлик ёки газ ўтганида дросселланади.

Газ (суюқлик)нинг маҳаллий қаршилиги, масалан; диафрагмаси бўлган кувор орқали оқиш процессини кўриб чиқамиз.



6.3 - расм.

Газ қувур бўйлаб диафрагмадаги тешик орқали I-I кесимдан II-II кесимга оқиб чиқади. Оқиб чиқиш процесси адиабатик процесс, яъни қувур деворлари идеал иссиқлик изоляцияси билан ўралган ва атрофдаги муҳит билан иссиқлик алмашилмайди деб ҳисоблаймиз.

Диафрагманинг тор тешигида газнинг тезлиги w_1 дан w_0 гача ортади, босими эса соплодан одатдаги оқиб чиқиш процессидаги каби пасаяди. қувурнинг ўнг қисмида тор тешикдан кейин газнинг тезлиги бутунлай пасайиб, ўзининг дастлабки қийматига тушиб қолади.

$$F_1 = F_2 \text{ десак } w_1 \approx w_2 \text{ бўлади.}$$

Диафрагмадан кейинги босими P эса фақат қисман тикланади ва диафрагмадан олдинги босимга қараганда кам бўлади. Бунга сабаб шуки, газ тор тешикдан ўтганда уюртма ҳосил бўлиши ва ишқаланиш туфайли энергия исроф бўлади.

(6. 4) тенгликдан фойдаланамиз:

$$i_1 - i_2 = \frac{w_2^2 - w_1^2}{2}$$

I-I ва II-II кесимлар учун $w_1 \approx w_2$ бўлгани учун $i_1 - i_2$ ва $i_1 = i_2$ бўлади, яъни газни дросселлаш натижасида унинг энтальпияси ўзгармайди.

Идеал газ учун энтальпия фақат температурага боғлиқ бўлиб, босимга боғлиқ бўлмаганлиги сабабли идеал газ дросселланганда температура ҳам ўзгармасдан қолади.

Реал газлар дросселланганда, айниқса юқори босимларда температуранинг пасайиши кузатилади.

Адиабатик дросселлаш процессида газ ва суюқликлар температурасининг ўзгариш ҳодисаси Жоуль-Томсон эффекти деб аталади.

Агар газнинг босими жуда кичик dp миқдорда ўзгарса, у пайтда температуранинг жуда кичик миқдорда ўзгариши кузатилади:

$$dT_1 = a_i dp_i \quad \text{ёки} \quad a_i = \left(\frac{dT}{dp}\right)_i$$

бу ерда: a_i - Жоуль-Томсон коэффициентлари деб аталади.

Дросселдаги босимнинг камайиши анча катта бўлганда адиабатик дросселлаш процессида газ температурасининг ўзгариши интеграл дроссель эффект деб аталади ва қуйидаги тенгликдан топилади.

$$\Delta T = T_2 - T_1 = \int_{p_1}^{p_2} \frac{T(d\vartheta/dT)_p - \vartheta}{C_p} dp \quad (6.13)$$

Дросселлашда совиқ ҳосил бўлиши совитиш техникасида кўпчилик паст температурали процесслар учун асос бўлиб хизмат қилади, газларни суёқ ҳолга ўтказишда ҳал қилувчи роль уйнайди.

Ишчи жисмнинг босимини пасайтириш зарур бўладиган махсус редукцияли-совитиш қурилмаларида дросселлаш процессидан кенг фойдаланилади.

СИНОВ САВОЛЛАРИ:

1. Газ ва буғларнинг оқиб чиқиши.
2. Газнинг соплодан оқиб чиқиши.
3. Оқим учун ишни аниқлаш.
4. Дросселлаш.
5. Газнинг оқиб чиқиш тезлигини аниқлаш.
6. Сопло ва диффузорларни тушунтиринг.
7. Бажариладиган иш.
8. Термодинамика 1 – тенгламаси.
9. Газнинг массавий сарфини аниқлаш.
10. Адиабатик процессда газнинг оқиб чиқиши.

ТАЯНЧ ИБОРАЛАР

Сопло, диффузор, дросселлаш, Жоуль - Томсон эффекти, Жоуль - Томсон коэффиценти, оқим тезлиги, кинетик энергия, адиабатик оқиш, кенгайиш иши, диафрагма.

7 - МАЪРУЗА. КОМПРЕССОРЛАР

РЕЖА:

7.1 Асосий тушунчалар.

7.2 Бир босқичли поршенли компрессорлар.

7.3 Кўп босқичли поршенли компрессор.

АДАБИЁТЛАР

1. Нашокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача М., 1980. 217-227 б.
2. Ларигов Н.Н. Теплотехника. М., 1986 й. 121-136 б.
3. Асраев Р.А., Эфендиев А.М., Сафаров Р.Т. Иссиқлик техникаси. Бухоро 2001 й. 74-79 б.

7.1 АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР

Газни сиқиш ва ҳайдаш учун мўлжалланган машиналар **компрессорлар** дейилади.

Компрессорлар халқ хўжалигида қўлланилаётган замонавий техникаларда кенг фойдаланилмоқда. Айниқса кимё, машинасозлик, металлургия, темир йўли, авиация саноатларида, газ-турбинали двигателларда ва совитиш қурилмаларида компрессорлар кенг ишлатилади.

Ишлаш принципи ва тузилишига кўра компрессорлар ҳажмий ва парракли компрессорларга бўлинади.

Ҳажмий компрессорларда газ босими унинг ҳажмини мажбурий камайтириш ҳисобига кўпаяди. Ҳажмий компрессорлар жумласига поршенли ротацион ва винтавий компрессорлар киради.

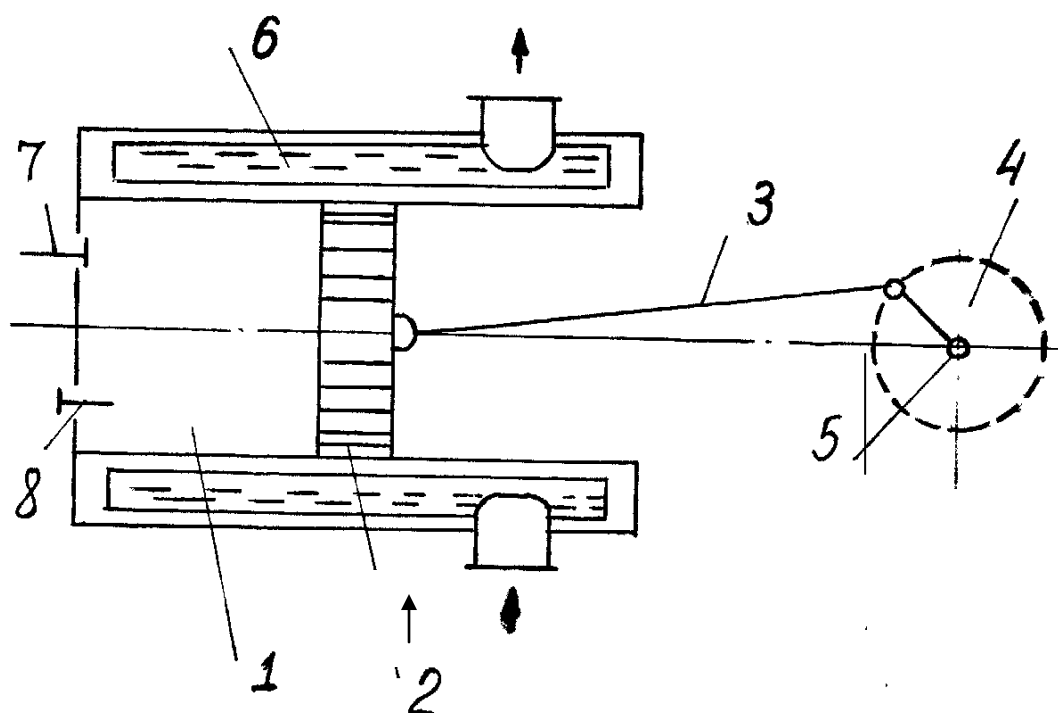
Парракли компрессорларда газнинг босими компрессорнинг ғилдираклари айланганида вужудга келадиган инерцион кучлар таъсирида кўпаяди. Улар **трубокомпрессорлар** ҳам дейилади ва марказдан қочма ҳамда ўқий компрессорларига бўлинади.

Поршенли компрессорлар миқдори унчалик катта бўлмаган газни катта босимларгача сиқишда ишлатилади. Трубокомпрессорлар эса бунинг аксича газни нисбатан паст босимларда (0,15-1,5МПа атрофида) узатиб бериш учун мўлжалланган .

Компрессорлар бир-биридан конструкцияси ва сиқиш принципига кўра фарқ қилишига қарамасдан сиқиш процесси термодинамикаси уларда бир хил бўлади.

7.2 БИР БОСҚИЧЛИ ПОРШЕНЛИ КОМПРЕССОРЛАР

Компрессорларда содир бўладиган процессларни текшириш ва таҳлил қилиш учун, иш принципи оддийроқ бўлган бир босқичли поршенли компрессорларни кўриб чиқамиз (7.1-расм).



- расм.

У цилиндр 1 ва ичида ҳаракатланадиган поршень 2 дан иборат. Цилиндр девори ичи бўшлиқ 6 дан иборат бўлиб унда совитувчи сув айланма ҳаракат қилади. Поршень шатун 3 воситасида кривошип 4 орқали компрессорнинг тирсакли вали 5 билан бирлаштирилган ва илгарилама-қайтма ҳаракат қилади.

Поршень чапдан ўнгга силжиганда компрессор цилиндрида сийракланиш вужудга келади. Теваракдаги муҳитнинг босими таъсирида сўриш клапани 7 очилади ва цилиндрга сиқилиши лозим бўлган газ тўлади.

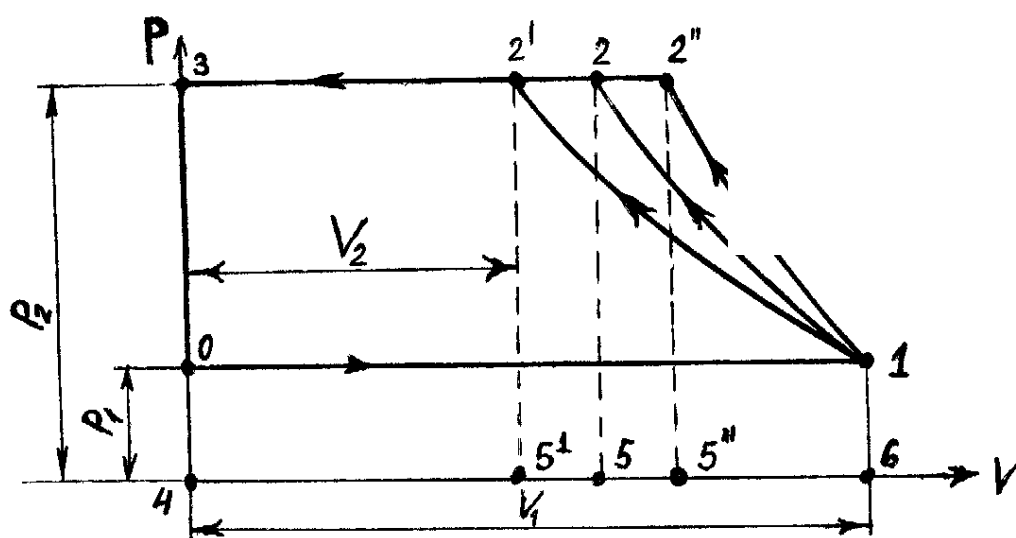
Поршень ўнгдан чапга томон силжиганида сўриш клапани ёпилади ва поршень цилиндрдаги газни сиқади. Сиқилган газ ҳайдаш клапани 8 очилиб

цилиндрдан итариб чиқарилади ва газ йиғгичга ҳайдалади, ундан эса истеъмолчига берилади.

Бунда компрессорнинг иш процесси поршеннинг икки марта ҳаракатланишида амалга ошади, бу эса валнинг бир марта айланишига мувофиқ келади.

Назарий (идеал) бир босқичли компрессорни ишлашини кўриб чиқамиз.

Ишқаланишни енгишга сарф бўладиган иш йўқ, цилиндрининг геометрик ҳажми фойдали иш ҳажмига тенг ва қолдиқ бўшлиқ ҳажм ҳосил қилмайди, деб фараз қиламиз. Газни цилиндрга сўриш ва йиғгичга ҳайдаш ўзгармас босимда амалга ошади.



7.2- расм.

7.2-расмда компрессорда сиқилган газ олишни назарий индикатор диаграммаси тасвирланган.

Компрессорда поршень чапдан ўнгга қараб ҳаракатланганда цилиндрга босими P_1 бўлган газ киради. Бу процесс диаграммада 0-1 чизиғи билан тасвирланиб **сўриш чизиғи** дейилади.

Поршень ўнгдан чапга ҳаракатланганда газни P_2 босим ва V_2 ҳажмгача сиқади. 1-2 чизиғи **сиқиш процесси** дейилади. Поршень чапга томон ҳаракатланишда давом этиб, сиқилган газни ҳайдаш клапани орқали газ йиғгичга сиқиб чиқаради. 2-3 чизиғи **ҳайдаш чизиғи** дейилади.

Поршень қайтадан ўнг томонга ҳаракатлана бошлаганида сўриш клапани очилиб цилиндрда босим жуда тез P_2 дан P_1 га тушади.

3-0 чизиқ ва иш процесси яна шу тарзда такрорланади. Назарий индикатор диаграммасидаги 0-1-2-3-4 юза компрессор валини бир марта айланишига сарф бўладиган, яъни сиқилган газ олишга сарфланадиган иш миқдорини ифодалайди ва қуйидаги ифода билан топилади:

$$l_k = l_{\text{сик}} + l_{\text{хайд}} - l_{\text{сур}} = \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} p \delta \vartheta + p_2 \vartheta_2 - p_1 \vartheta_1 \quad (7.1)$$

$$P \vartheta \text{ -диаграммада сиқилиш иши: } l_{\text{сик}} = \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} p d \vartheta$$

12561 юза билан ҳайдаш иши 43254 юза билан, сўрилиш иши $l_{\text{сур}}$ эса 01640 юза билан тасвирланади.

7.2-расмда келтирилган диаграммадан кўриниб турибдики, компрессор цилиндрининг деворларидан иссиқлик олиб кетилмаганда газни сиқиш процесси 1-2 адиабата бўйича боради. Цилиндр деворларидан иссиқлик тез олиб кетиб турилганда процесс 1-2 изотерма бўйича содир бўлади.

Кўриниб турибдики, иккала процессдан изотермик процесс тежамлироқ, чунки изотермик сиқишда сарф бўладиган иш адиабатик сиқишдагига қараганда сон жиҳатдан $12'' 2' 1$ юзага тенг миқдорда кам бўлади. Лекин реал компрессорда газни изотермик сиқиб бўлмайди, чунки цилиндрни совитувчи сув ҳавони сиқишда чиқадиган иссиқликнинг ҳаммасини олиб кета олмайди. Шунинг учун реал шароитларда сиқилиш процесси 1-2 политропа бўйича кетади. Политропа чизиғи изотерма ва адиабата чизиғи орасида бўлиб, политропа кўрсаткичи $P_k 1,18 \div 1,25$ атрофида бўлади.

Компрессор цилиндрида 1 кг сиқишда содир бўладиган процесснинг характериға қараб, компрессорнинг тўлиқ солиштирма иши l турлича қийматга эга бўлади.

Изотермик процессда $p_2 \vartheta_2 = p_1 \vartheta_1$ бўлганлиги учун:

$$l_k^{\text{из}} = l_{\text{сик}} = p_1 \vartheta_1 \ln \frac{p_2}{p_1} \quad (7.2)$$

Адиабатик процессда сиқилиш иши:

$$l_{\text{сик}} = \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} p d \vartheta = \frac{1}{k-1} (p_2 \vartheta_2 - p_1 \vartheta_1)$$

(7.1) формулага кўра компрессорнинг тўлиқ солиштирма иши:

$$l_k = \frac{1}{k-1}(p_2 g_2 - p_1 g_1) + p_2 g_2 - p_1 g_1 = \frac{k}{k-1}(p_2 g_2 - p_1 g_1) =$$

$$= \frac{k}{k-1} R T_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{k-1/k} - 1 \right] \quad (7.3)$$

Политропик сиқилишда компрессорнинг тўлиқ солиштирма иши қуйидагига тенг:

$$l_k^{пол} = n l_{сик}^{пол} = \frac{n}{n-1} (p_2 g_2 - p_1 g_1) = \frac{n}{n-1} R T_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{n-1/n} - 1 \right] \quad (7.4)$$

Юқорида айтиб ўтилганидек, компрессор истеъмол қиладиган ишни камайтириш учун унинг цилиндрини сув билан тез совитиб туриш керак. Бундан ташқари сурков мойининг ўз-ўзидан алангаланишининг олдини олиш мақсадида сиқилаётган газнинг температурасини пасайтириш учун ҳам цилиндрни совитиб туриш лозим.

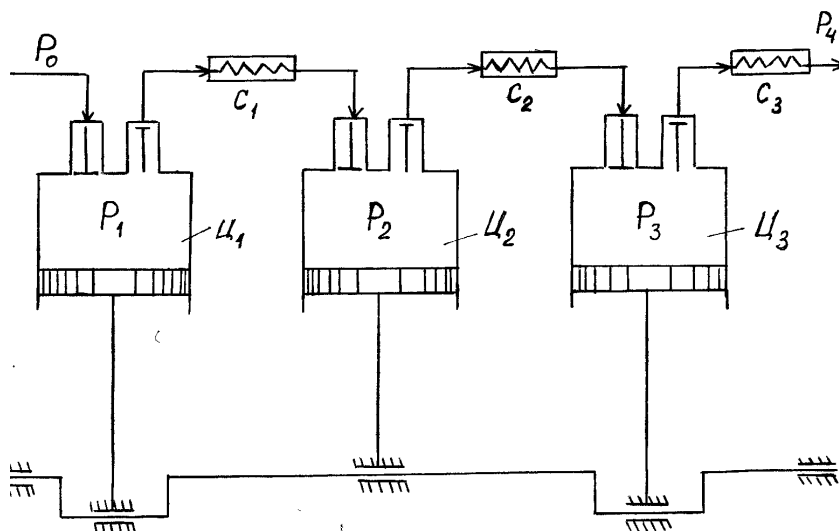
Бир босқичли компрессор босимини оширишни чекловчи яна муҳим омиллардан бири-ҳайдаш босими ошиши билан унумдорлигининг пасайишидадир. Шунинг учун бир босқичли компрессорлар босими 0,8-1,0 МПа дан юқори бўлмаган сиқилган газ олишда ишлатилади.

Газни анча юқори босимларгача сиқиш учун уни босқич билан, яъни оралик совитиш йўли билан бир неча марта сиқиш керак бўлади.

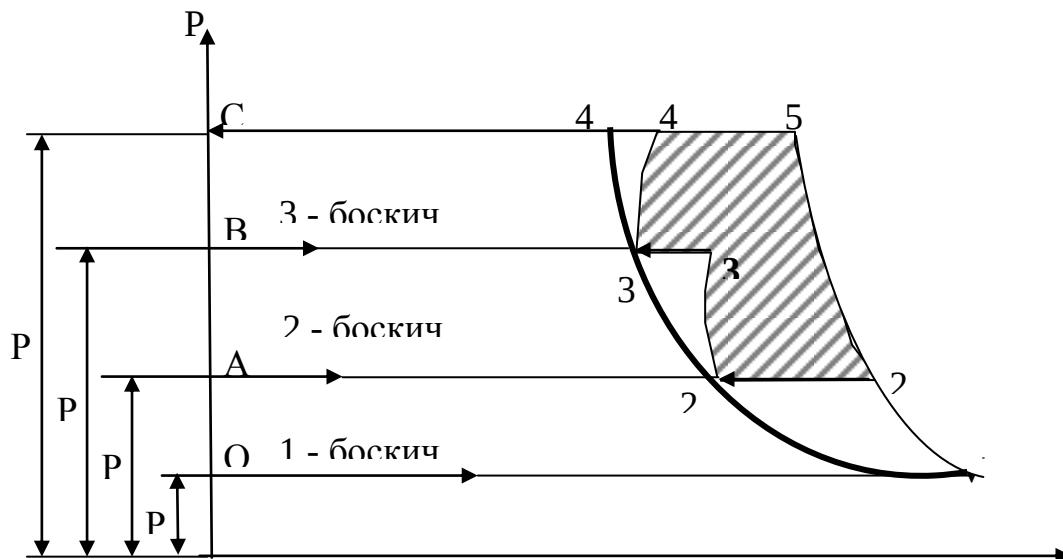
7.4 КЎП БОСҚИЧЛИ ПОРШЕНЛИ КОМПРЕССОР

Кўп босқичли поршенли компрессорлар юқори босимли газ олиш учун қўлланилади.

Газни сиқиш политропа бўйича кетма-кет бир неча цилиндрда оралик совитиш билан амалга оширилади.



7.3-расм.



7.4-расм.

7.3-расмда уч босқичли поршенли компрессорнинг схемаси, 7.4-расмда эса ундан содир бўладиган процесснинг PV диаграммаси кўрсатилган.

Газ 0-1 процессида паст босимли цилиндр Π_1 га сўрилиб, 1-2 политропа бўйича P_2 босимгача сиқилади ва совиткич C_1 га ўтади.

Газ совиткичда ўзгармас босимда дастлабки температураси t_1 гача совитилиб, иккинчи босқич Π_2 га берилади ва бу ерда политропа 2-3 бўйича P_3 босимгача сиқилади. Сиқилган босқич Π_2 да газ политропа 2-3 бўйича P_3 босимгача сиқилади. Сиқилган газ совиткич C_2 га ўтади ва t_1 температурагача совийди. Учинчи босқич Π_2 да газ политропа 3-4 бўйича охирги босимгача сиқилади. Сўнгра совиткич C_2 га ва ундан истеъмолчига ўтади.

Кўп босқичли компрессорнинг ҳар бир кейинги босқичида цилиндрдаги газнинг сиқилишдан олдинги температураси дастлабки температураси t билан бир хил бўлади, сиқилгандан кейинги температураси эса компрессор мойининг ўз ўзидан алангаланиш температурасидан ошмайди.

Кўп босқичли сиқиш натижасида қолдиқ ҳажмнинг компрессор ишига салбий таъсири камаяди: Газни сиқишга сарфланадиган иш штрихланган 22' 33'452 юза катталиги қадар камаяди, чунки бир босқичли сиқишда политропа 1-2 чизиқ 1-2-5 бўйича нуқта 5 га қадар давом этган бўлур эди. Газ 1–2'–3–4' бўйича изотермик сиқилганда энг кам иш сарфланган бўлур эди. Сиқиш босқичлари сонини кўпайтириш сиқиш процессини изотермик процессга анча яқинлаштиради. Лекин босқичлари сонини кўпайтириш сиқиш процессини изотермик процессга анча яқинлаштиради. Лекин шу билан бирга

компрессорнинг конструкцияси мураккаблашади, механикавий ва гидравлик исрофлар кўпаяди.

Газни цилиндрда сиқишда ва уни оралиқ совиткичда совитишда олинadиган иссиқлик миқдори маълум формулалар орқали топилади:

$$Q_{\text{цил}} = G_c(t_2 - t_1) = GC_g \frac{n-k}{n-1}(t_2 - t_1) \quad (7.5)$$

$$Q_{\text{сов}} = C_{\text{cp}}(t_2 - t_1) \quad (7.6)$$

Компрессор валида сарфланадиган самарали қувват қуйидагига тенг:

$$N_c = \frac{N_0}{\eta_m} = \frac{G l_o}{\eta_m} \quad (7.7)$$

бу ерда: G - компрессор унумдорлиги, кг/с;

l - бир босқичли 1 кг газни сиқишга сарфланадиган назарий иш миқдори, ж/кг;

m - компрессор босқичлари сони;

η_m - механик ф.и.к.

СИНОВ САВОЛЛАРИ:

1. Компрессорларнинг вазифаси.
2. Бир босқичли поршенли компрессор.
3. Кўп босқичли поршенли компрессор.
4. Компрессорларда сиқилган газ олишга сарфланадиган иш.
5. Компрессорларнинг турлари.
6. Трубокомпрессорлар.
7. Компрессор учун назарий индикатор диаграмма.
8. Компрессорнинг тўлиқсолиштирма иши.
9. Самарали қувватни аниқлаш.
10. Иссиқлик миқдорини аниқлаш.

ТАЯНЧ ИБОРАЛАР

Компрессор, ʋажмий компрессор, парракли компрессор, трубокомпрессор, бир босқичли поршенли компрессор, кўп босқичли поршенли компрессор, сўриш чизиги, ʋайдаш чизиги, самарали қувват, сиқиш процесси.

8 - МАЪРУЗА. ИЧКИ ЁНУВ ДВИГАТЕЛЛАРИ ЦИКЛАРИ

РЕЖА:

8.1 Асосий тушунчалар.

8.2 Ўзгармас ҳажмда иссиқлик келтирилиши билан борадиган цикл.

8.3 Ўзгармас босимда иссиқлик келтирилиши билан борадиган цикл.

8.4 Аралаш ёнув цикли.

АДАБИЁТЛАР

1. Нашокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача М., 1980. 230-240 б.
2. Черняк О.В. Теплотехника ва гидравлика асослари. Тошкент, 1997 й. 244-265 б.
3. Асраев Р.А., Эфендиев А.М., Сафаров Р.Т. Иссиқлик техникаси. Бухоро 2001 й. 80-89 б.

8.1 АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР

Ички ёнув двигателлари шундай иссиқлик машинасики, унда ишчи жисмга иссиқлик келтирилиши двигателнинг ўзининг ичида ёқилғи ёқиш ҳисобига амалга оширилади.

Ўтган асрнинг 70-80 йилларигача механик иш олишнинг асосий манбаси буғ машиналари эди. Уларда буғ паст босим ва паст температурада фойдаланилар эди. Ёқилғини ёнишидан ҳосил бўладиган юқори температурали газлар ишчи жисм бўлган паст босимли буғ олиш учун аввал буғ қозонларига юборилади. Ёқилғини иссиқлигидан бундай фойдаланиш буғ-куч қурилмалари ф.и.к.ни кичик бўлишига олиб келади.

Олим ва ихтирочиларнинг изланишлари натижасида, ёқилғининг ёнишидан ҳосил бўладиган газлар бевосита машина поршенига таъсир этадиган янги типдаги двигатель яратилди.

Бундай ички ёнув двигатели яратиш мумкинлиги ғоясини биринчи бўлиб 1824 йилда Сади Карно эътироф этган.

1860 йилда француз механиги Лёнуар ишчи жисмни олдиндан сиқмасдан, ёритилган газда ишлайдиган ички ёнув двигатели яратди.

1862 йил француз инженери Бо-де-Роша Карно ғоясига мос келадиган двигатель яратади.

1877 йилда немис инженери Отто Бо-де-Роша таклиф қилган принципа бензин билан ишлайдиган двигатель яратди.

1897 йилда немис инженери Дизель керосинда, юқори босимда компрессордан цилиндрга ҳаво пуркалиб юқори сиқишда ишлайдиган двигатель яратди.

1904 йилда рус инженери Тринклер томонидан ёқилғи олдин ўзгармас ҳажмда, сўнгра ўзгармас босимда ёнадиган компрессорсиз двигатель яратилди. Ёқилғи аралаш ёнадиган бу типдаги двигатель ҳозирги пайтда барча мамлакатларда кенг қўлланиляпти.

Барча такомиллашган ички ёнув двигателлари 3-гуруҳга бўлинади:

1-ўзгармас ҳажмда ёқилғини тезда ёниши билан борадиган;

2-ўзгармас босимда ёқилғини аста секин-ёниши билан борадиган;

3-бир қисми ўзгармас ҳажмда, бир қисми ўзгармас босимда ёқилғини аралаш ёниши билан борадиган.

Идеал термодинамик ички ёнув двигателлари циклларини таҳлил қилишда келтирилган ва олинган иссиқлик миқдори, циклнинг характерли нуқталарида ишчи жисмнинг асосий термодинамик параметрлари, циклнинг термик ф.и.к. асосий характеристика (параметр)лар ёрдамида аниқланади.

Барча ички ёнув двигателлари циклари учун қуйидаги ўлчамсиз асосий характеристикалар ёки параметрлар ўринлидир:

Сиқилиш даражаси $\varepsilon = \frac{q_1}{q_2}$ ишчи жисм бошланғич солиштирма ҳажмини

сиқилиш сўнгидаги солиштирма ҳажмига нисбати; босим ортиши даражаси

$\lambda = \frac{P_3}{P_2}$ ўзгармас ҳажмда иссиқлик бериш процесси охири ва бошидаги босимлар

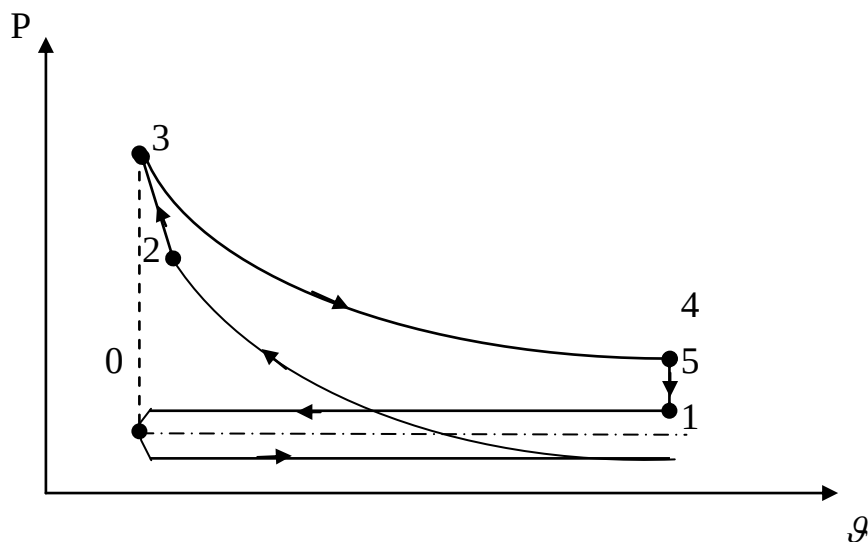
нисбати; олдиндан кенгайиш даражаси $\rho = \frac{q_3}{q_2}$ изобарик иссиқлик бериш

процесси охири ва бошидаги солиштирма ҳажмлар нисбати.

Поршенли ички ёнув двигателлари циклларининг учта асосий тури мавжуд: Отто цикли ($V=\text{const}$ да ёниш); Дизель цикли ($p=\text{const}$ да ёниш); Тринклер цикли ($V=\text{const}$ ва сўнгра $p=\text{const}$ да ёниш).

8.2 ЎЗГАРМАС ҲАЖМДА ИССИҚЛИК КЕЛТИРИЛИШИ БИЛАН БОРАДИГАН ЦИКЛ

Реал поршенли двигателни ишлашини цикл давомида поршенни ҳолатига қараб цилиндрда босимни ўзгаришини кўрсатадиган диаграммада текшириш қулайроқ. Индикатор номли асбоб ёрдамида олинадиган бундай диаграммани индикатор диаграммаси дейилади.



8.1- расм.

8.1- расмда ўзгармас ҳажмда тез ёниш билан ишлайдиган двигателнинг индикатор диаграммаси берилган. Ёқилғи сифатида енгил ёқилғилар бензин, ёритғич газ, спирт ва бошқа шу каби ёқилғилар қўлланилади.

0-1 процессда поршень чапдан ўнгга ҳаракатланади ва сўриш клапани очилиб цилиндрга карбюраторда тайёрланган ёнувчи аралашма берилади. Поршень энг чекка ҳолатга борганидан сўнг сўриш клапани ёпилади ва поршень ўнгдан чапга ҳаракатлана бошлайди. Бунда ёнувчи аралашма цилиндрда сиқилади ва унинг босими ортади (1-2 процесс).

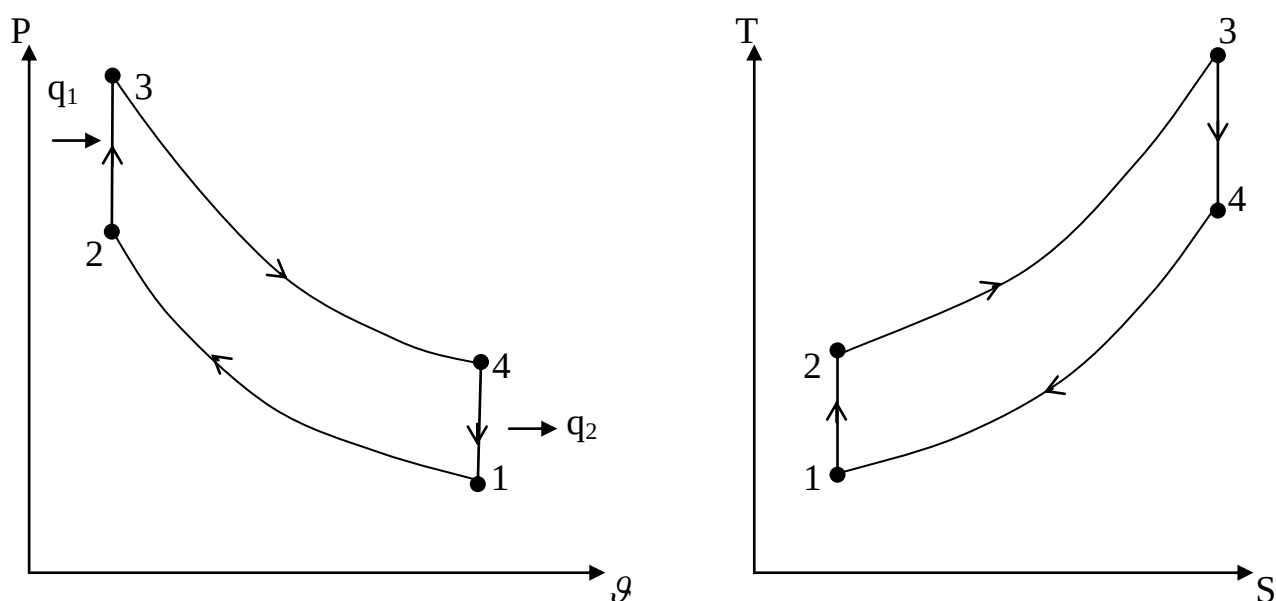
Аралашма босими цилиндрда нуқта 2-га мос бўладиган маълум катталиқка эришганидан сўнг электр учқуни ёрдамида ёндирилади. Аралашманинг ёниши амалда бир онда содир бўлади, поршень силжиб улгира олмайди ва шунинг учун ёниш процессини изохорик процесс деб ҳисоблаш мумкин (2-3 процесс). Аралашманинг ёниши натижасида ишчи жисм қизийди ва унинг босими нуқта 3-га мос келадиган катталиқкача ортади. Бу босим таъсири остида поршень қайтадан ўнгга ҳаракатланади, бунда у ташқи истеъмолчига бериладиган кенгайиш ишини бажаради (3-4 процесс). Поршень ўнг чекка ҳолатга етгандан сўнг чиқариш клапани очилади ва цилиндрдаги босим атмосфера босимидан бир

оз юқорироқ бўлган қийматгача пасаяди (4-5 процесс). Поршень ўнг чекка ҳолатга етгандан сўнг чиқариш клапани очилади ва цилиндрдаги босим атмосфера босимидан бир оз юқорироқ бўлган қийматгача пасаяди (4-5 процесс) ; бунда газнинг бир қисми цилиндрдан чиқади. Сўнгга поршень қайтадан чапга ҳаракатланиб иш бажарган газларнинг қолган қисмини цилиндрдан атмосферага чиқариб юборади (5-0 процесс).

Отто цикли бўйича ишлайдиган двигатель цилиндридаги поршень бир цикл давомида тўртта юриш (такт) бажаради-сўриш, сиқиш, аралашма ёниб тугаганидан кейин кенгайиш, ёниш маҳсулотларини атмосферага чиқариш.

Таҳлил қилиш қулай бўлган идеаллаштирилган Отто циклини (8.2-расм). кўриб чиқамиз.

Ички ёнув двигателининг цикли берк цикл, циклнинг ишчи жисми идеал газ, унинг миқдори двигателда ўзгармасдан қолади деб фараз қиламиз. У



8.2– расм.

ҳолда ишчи жисмга иссиқлик q_1 нинг келтирилиши эса ташқи қизиган манбадан изохорик процесс 2-3 да цилиндрнинг деворлари орқали бажарилади ва мос ишчи жисмдан совиқ манбага иссиқлик олиниши изохорик процесс 4-1 да амалга оширилади деб ҳисоблаш мумкин.

Бу циклда сиқиш (1-2) ва кенгайиш (3-4) процесслари жуда қисқа вақт ичида содир бўлиши туфайли, бу вақт ичида ишчи жисм атрофидаги муҳит билан сезиларли даражада иссиқлик алмашмайди ва шу сабабли бу процессларни адиабатик процесс деб ҳисоблаш мумкин.

Отто цикли термик ф.и.к.нинг қийматини иссиқлик сиғими C_v ва адиабата кўрсаткичи K ўзгармас деб қабул қилиб, аниқлаймиз:

$$\eta_t = 1 - q_2 / q_1$$

Ишчи жисмга бериладиган иссиқлик миқдори:

$$q_1 = C_g (T_3 - T_2)$$

Ишчи жисмдан олинадиган иссиқлик миқдори:

$$q_2 = C_g (T_4 - T_1)$$

У ҳолда циклининг термик ф.и.к:

$$\eta_t = 1 - \frac{C_g (T_4 - T_1)}{C_g (T_3 - T_2)} = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{(T_3 - T_2)}$$

T_2, T_3, T_4 – температураларни T_1 орқали ифодалаймиз.

Отто циклининг термик ф.и.к. қиймати қуйидаги ифода ёрдамида аниқланади:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \quad (8.1)$$

Отто цикли η_t нинг қиймати сиқиш даражаси ε ва адиабата кўрсаткичи K га боғлиқ. ε ва K нинг қиймати қанча катта бўлса η_t нинг қиймати ҳам шунча катта бўлади.

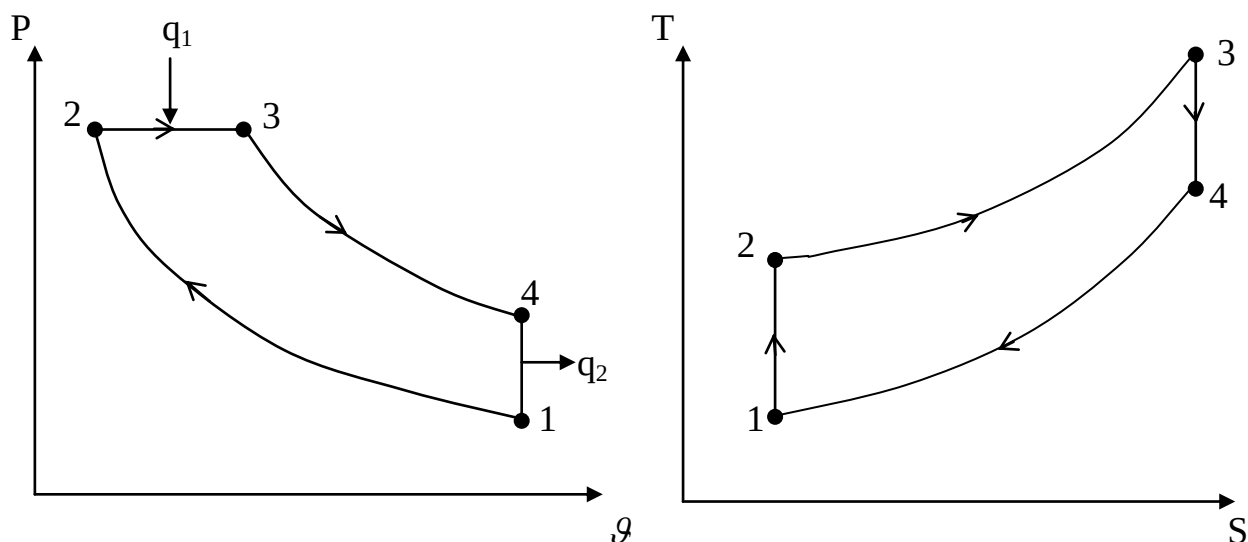
Шундай қилиб, η_t ни ошириш нуктаи назаридан сиқиш даражасини қандай йўл билан бўлмасин ошириш фойдали. Лекин амалда ε нинг жуда юқори қийматигача эришилгандан сўнг, кўпинча поршень ҳали чап чекка ҳолатига келмасдан ёнувчи аралашма ўз-ўзидан алангаланиб кетади. Шунинг учун одатдаги карбюраторли двигателларда сиқиш даражаси 7-12 дан ортиқ бўлмайди.

Отто цикли бўйича ишлайдиган карбюраторли двигателлар техникада кенг тарқалган улар енгил машиналарда ва кўпчилик юк автомобилларида, самолётларда қўлланилади.

8.3 ЎЗГАРМАС БОСИМДА ИССИҚЛИК КЕЛТИРИЛИШИ БИЛАН БОРАДИГАН ЦИКЛ

Агар ёнувчи аралашма ўрнига тоза ҳавони сиқиб, сўнггра эса сиқиш процесси тугагандан кейин цилиндрга ёқилғи пуркалса, сиқиш даражасини ошириш мумкин. Дизель цикли айти шу принципга асосланган.

Таҳлил қилиш қулай бўлган идеаллаштирилган Дизель циклини (8.3 -расм) кўриб чиқамиз.



8.2 - расм.

1-2 процессда двигатель цилиндрига сўрилган ҳаво P_2 босимгача адиабатик сиқилади. Сўнгра ҳавонинг кенгайиш процесси 2-3 бошланади ва форсунка орқали ёқилғи (керосин, соляр мойи) пуркалади. Сиқилган ҳавонинг юқори температураси ҳисобига ёқилғи алангаланаяди ва ўзгармас босимда ёниб тугайди. Шунинг учун Дизель цикли ўзгармас босимда ёниб тугайдиган цикл деб аталади.

Ёқилғини цилиндрга киритиш процесси тугаганидан кейин ишчи жисм 3-4 адиабата бўйича кенгаяди. Нуқта 4 га мос бўлган ҳолатда цилиндрнинг чиқариш клапани очилади ва 4-1 изоҳора бўйича совиқ манбага иссиқлик q_2 олиниши амалга оширилади.

Бу циклниң термик ф.и.к. ни иссиқлик сиғимлари C_p ва C_v ҳамда адиабата кўрсаткичи K ўзгармас деб қабул қилиб, ҳисоблаймиз:

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1}$$

2-3 изобарик процессда ишчи жисмга бериладиган иссиқлик миқдори:

$$q_1 = C_p (T_3 - T_2)$$

4-1 изоҳорик процессда ишчи жисмдан олинладиган иссиқлик миқдори:

$$q_2 = C_v (T_4 - T_1)$$

бўлишини ҳисобга олиб:

$$\eta_t = 1 - \frac{C_v (T_4 - T_1)}{C_p (T_3 - T_2)} = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{K(T_3 - T_2)}$$

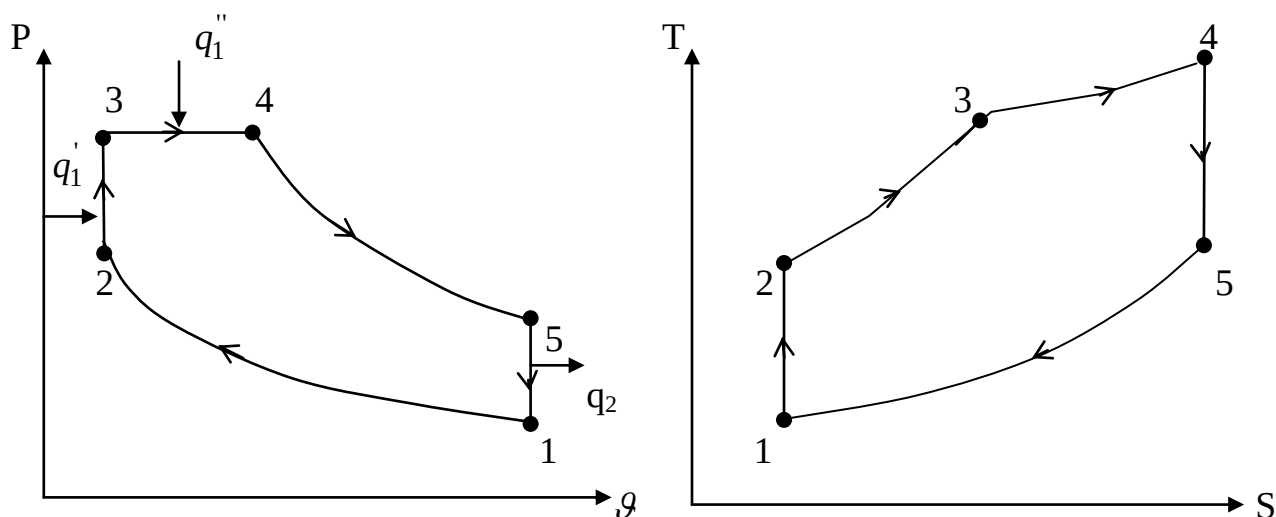
T_2 , T_3 , T_4 – температураларни T_1 орқали ифодалаб, Дизель циклининг термик ф.и.к. қиймати қуйидаги ифода ёрдамида аниқланади:

$$\eta_t = 1 - \frac{\rho^k - 1}{K\varepsilon^{k-1}(\rho - 1)} \quad (8.2)$$

Сиқиш даражаси ε қанчалик катта бўлса ва олдиндан кенгайиш даражаси ρ қанчалик кичик бўлса, Дизель циклининг ф.и.к. шунчалик юқори бўлади.

8.3 АРАЛАШ ЁНУВ ЦИКЛИ

Ўзгармас босимда ёқилғини аста-секин ёниши билан ишлайдиган двигателларнинг бир-неча камчиликлари мавжуд. Шулардан бири ёқилғини узатишда компрессордан фойдаланилиши бўлиб, унинг ишлашига двигательнинг 6-10 % қуввати сарф бўлади ва насос, форсунка каби қурилмалар ишлатилади.



8.4 - расм.

Рус инженери Г.В. Тринклер томонидан компрессорсиз ёқилғи механик пуркаладиган двигатель яратилди. Бундай двигатель циклининг $P\vartheta$ ва TS диаграммада тасвирланиши 8.4 -расмда кўрсатилган.

Аралаш ёнув цикли термик ф.и.к.нинг катталигини аниқлаймиз. Умумий муносабат:

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{q_2}{q_1' + q_1''}$$

да катталик q_2 (5-1 изохора бўйича олинадиган иссиқлик):

$$q_2 = C_{\vartheta}(T_5 - T_1)$$

катталик q_1 эса 2-3 изохорик процессда бериладиган иссиқлик (q_1') ва 3-4 изобарик процессда бериладиган иссиқлик (q_1'') йиғиндисидан иборат.

$$q_1 = q_1'' + q_1'$$

бу ерда: $q_1' = C_g (T_3 - T_2)$ ва $q_1'' = C_p (T_4 - T_3)$

бўлишини ҳисобга олиб:

$$\eta_t = 1 - \frac{C_g (T_5 - T_1)}{C_g (T_3 - T_2) + C_p (T_4 - T_3)} = 1 - \frac{(T_5 - T_1)}{T_3 - T_2 + K (T_4 - T_3)}$$

га эга бўламиз.

T_2, T_3, T_4 ва T_5 – температураларни T_1 - орқали ифодалаймиз.

Аралаш ёнув цикли термик ф.и.к қиймати қуйидаги ифода билан аниқланади:

$$\eta_t = 1 - \frac{\lambda \cdot \rho^k - 1}{\varepsilon^k - 1 [(\lambda - 1) + K \cdot \lambda (p - 1)]} \quad (8.3)$$

(8. 3) ифодага кўра циклининг ф.и.к. ε ва λ кўпайиши билан ортади ва ρ катталашганда камаяди. $\rho = 1$ да (8. 3) тенглама Отто циклининг термик ф.и.к. учун (8. 1) тенгламага айланади, $\lambda = 1$ да эса тенглама (8. 3) Дизель циклининг термик ф.и.к. учун (8. 2) тенгламага айланади.

Аралаш ёнув цикли термик ф.и.к. η_t нинг катталигини Отто ва Дизель цикллари термик ф.и.к. η_t ларининг катталигини таққослаш сиқиш даражаси ε қийматлари бир хил бўлганда:

$$\eta_{t \text{ дизель}} < \eta_{t \text{ арал.ёнув}} < \eta_{t \text{ Отто}}$$

бўлишини, циклининг энг юқори температураси (T_3) бир хил бўлганда эса:

$$\eta_{t \text{ дизель}} > \eta_{t \text{ арал.ёнув}} > \eta_{t \text{ Отто}}$$

бўлишини кўрсатади.

СИНОВ САВОЛЛАРИ:

1. Ички ёнув двигателлари.
2. Ички ёнув двигателлари циклларининг асосий параметрлари.
3. Отто цикли.
4. Дизель цикли.
5. Тринклер цикли.
6. И.Ё.Д. турлари.
7. И.Ё.Д. ф.и.к. ни таққослаш.
8. Двигательнинг индекатор диаграммаси.

9. Отто цикли ф.и.к. ни аниқлаш.

10.Дизель цикли ф.и.к. ни аниқлаш.

ТАЯНЧ ИБОРАЛАР

Ички ёнув двигатели, сиқиш даражаси, босим ортиши даражаси, олдиндан кенгайиш даражаси, Отто цикли, Дизель цикли, Тринклер цикли, индикатор диаграммаси, термик фойдали иш коэффициенти, насос, форсунка.

9 - МАЪРУЗА. БУҒ - КУЧ ҚУРИЛМАЛАРИ ЦИКЛЛАРИ

РЕЖА:

9.1 Асосий тушунчалар.

9.2 Карно цикли.

9.3 Ренкин цикли.

9.4 Теплофикация асослари.

АДАБИЁТЛАР

1. Нашокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача М., 1980. 259-267 б.
2. Ларионов Н.Н. Теплотехника. М., 1986 й. 163-170 б.
3. Асраев Р.А., Эфендиев А.М., Сафаров Р.Т. Иссиқлик техникаси. Бухоро 2001 й. 90-97 б.

9.1 АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР

Замонавий иссиқлик энергетикасида асосан буғ-куч қурилмаларидан фойдаланилади. Ҳозирги вақтда бизнинг давлатда ишлаб чиқарилаётган электр энергиясининг 80 % га яқини буғ- куч қурилмаларида олинмоқда.

Ёқилғининг ёнишида ҳосил бўладиган иссиқликни механикавий ишга айлантирадиган қурилмалар йиғиндиси буғ-куч қурилмалари дейилади.

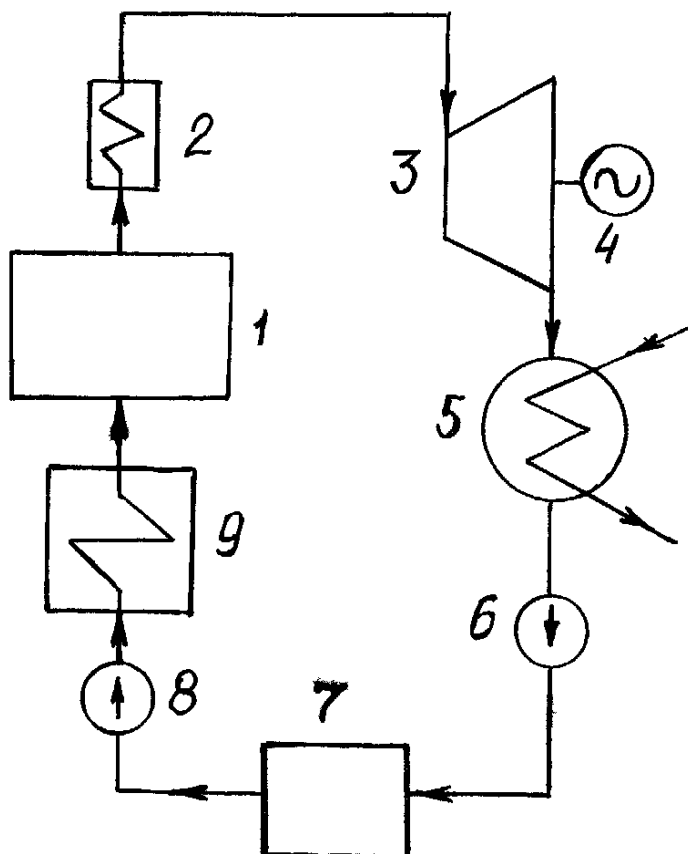
Буғ-куч қурилмаларида энг кўп ишлатиладиган ишчи жисм жуда кўп ва арзон бўлган сувдир.

Ишчи жисм сифатида буғ ишлатиладиган буғ-куч қурилмалари уларни газсимон ишчи жисм ишлатиладиган иссиқлик-куч қурилмаларидан жуда фарқ қилдирадиган бир қатор хусусиятларга ва авфзалликларга эга.

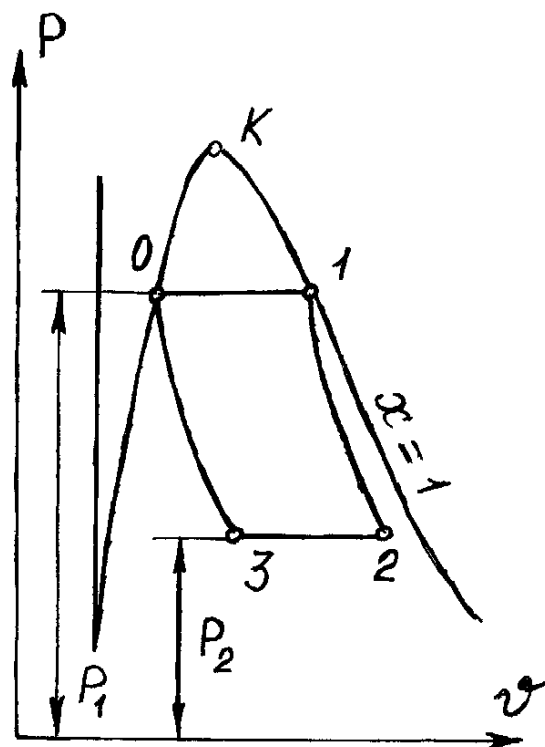
9.2 КАРНО ЦИКЛИ

Цикл давомида ўзининг агрегат ҳолатини ўзгартирадиган ишчи жисмдан фойдаланиш Карно циклини амалга оширишга имкон беради.

Карно цикли нам буғда амалга ошириладиган буғ-куч қурилмасининг схемаси 9.1-расмда кўрсатилган.



9.1- рasm.



9. 2-рasm.

Буғ қозони 1-га сувнинг қуруқлик даражаси X кичик бўлган нам буғ келади. қозон ўтхонасида ёқилғи ёниши ҳисобига нам буғга иссиқлик берилади ва буғнинг қуруқлик даражаси X бирга яқин бўлган қийматгача ортади. Буғ буғ қиздиргич 2-га ўтади ва бу ерда белгиланган температурагача қизийди. Ишга тайёр буғ турбина 3-га юборилади ва турбинада кенгайганида анча катта кинетик энергияга эга бўлиб қолади. Турбина иш ғилдиракларининг куракларида бу энергия иш ғилдираклари айланишининг кинетик энергиясига, сўнгра эса турбина айлантирадиган электр генератор 4 ёрдамида электр энергияга айланади.

Буғ турбинадан чиқиб конденсатор 5-иссиқлик алмаштиргичга киради, конденсаторда совитувчи сув ёрдамида буғдан иссиқлик олинади, буғ конденсацияланади.

Конденсаторда буғдан иссиқлик олиш процесси ўзгармас босимда амалга оширилади.

Сўнгра конденсат насос 6 билан таъминловчи бак 7-га тушади. Таъминлаш насоси 8 таъминловчи сувнинг босимини берилган қийматгача ошириб, қиздиргич 9 орқали яна қозонга узатиб беради.

Тўйинган буғ учун Карно цикли 9.2-расмда тасвирланган. Нуқта 0 P_1 босимда қайнаётган сувнинг бошланғич ҳолатини билдиради. Буғга иссиқлик q_1 берилиши 0-1 изобара-изотерма бўйича, буғ турбинасида кенгайиш процесси 1-2 адиабата бўйича боради. Бу процессда буғнинг температураси T_1 дан T_2 гача ва қуруқлик даражаси X гача конденсацияланади. Бу 2-3 процессда нам буғдан иссиқлик олинади. Буғ компрессор ёрдамида 3-0 адиабата бўйича ўзининг дастлабки ҳолатигача сиқилади.

Карно цикли бўйича ишлайдиган иссиқлик буғ-куч қурилмаси буғ қозони (0-1 процесс), буғ турбинаси (1-2 процесс), конденсатор (2-3) ва компрессордан (3-0 процесс) иборат бўлади.

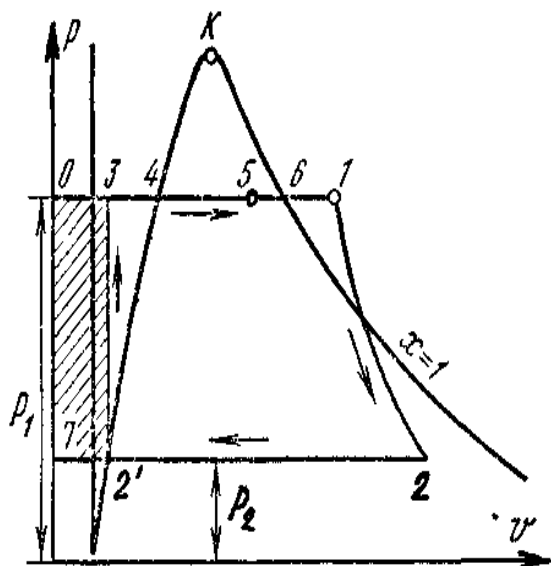
Нам буғда амалга ошириладиган Карно циклининг ф.и.к. қуйидаги тенглама билан аниқланади:

$$\eta_t = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = \frac{(i_1 - i_0) - (i_2 - i_3)}{i_1 - i_0} \quad (9.1)$$

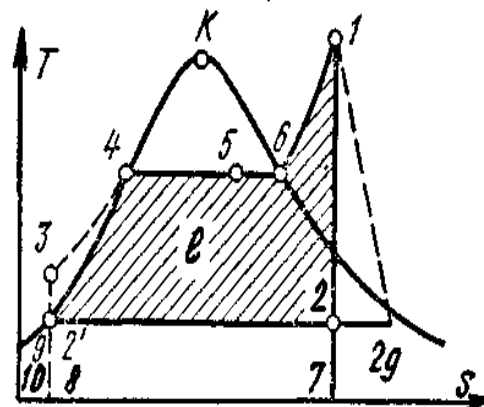
Карно цикли бўйича ишлайдиган буғ-куч қурилмаларининг бир қатор камчиликлари мавжуд бўлиб, улар амалда қўлланилмайди. Бу камчиликлардан бири 2-3 конденсацияланиш процесси тўлиқ амалга ошмаслиги сабабли, босими кичик ва солиштирма ҳажми катта бўлган нам буғни сиқиш учун мўлжалланган компрессор жуда қўпол ва цилиндрининг ҳажми катта бўлиб, уни юритиш учун жуда қўп энергия сарф бўлади. Бундан ташқари Карно циклини икки фазали ҳолатда амалга ошириш сабабли, буғнинг бошланғич температураси сувнинг критик температурасидан ($374, 12^0 \text{ C}$) юқори бўла олмайди ва цикл термик ф.и.к. паст бўлади.

9.3 РЕНКИН ЦИКЛИ

Буғ-куч қурилмасининг идеал цикли Ренкин циклидир. Бу циклда босим P_2 дан босим P_1 гача зичлиги кам бўлган буғ эмас, балки сув сиқилади. Сувни конденсатордан қозонга юбориш ва бир йўла унинг босимини кўтариш учун компрессорлар эмас, балки тузилиши жиҳатдан ихчам ва содда бўлган, юритилишига жуда кам энергия сарфланадиган насослар ишлатилади.



9.3-расм .



9.4-расм.

Ренкин циклининг $P-v$ - диаграммада тасвирланиши 9.3-расмда, $T-s$ - диаграммада тасвирланиши 9.4-расмда кўрсатилган.

Нуқта 3 қозондаги сувнинг бошланғич ҳолатини билдиради. 3-4 чизиғи сувга ўзгармас P_1 босимда иссиқлик келтирилиши натижасида қайнаш температурасигача қизишини билдиради. 4-5 процессида нам буғ ҳосил бўлади. Бу процесслар буғ қозонида содир бўлади.

Сўнгра 5-6 процессида тўйинган нам буғ-буғ ўта қиздиргичда тўйинган қуруқ буғга айланади ва 6-1 процессида тўйиниш температурасидан ортиқ температурагача қиздирилади. Ўта қиздирилган буғ - буғ турбинасида 1-2 чизиқ бўйича адиабатик-кенгайди ва иш бажаради.

Параметрлари P_2 , t_2 бўлган иш бажарган буғ конденсаторга совиткичга тушади, бу ерда ўзгармас босим P_2 да буғдан иссиқлик олиб кетилади ва буғ 2-2' чизиғи бўйлаб конденсатланади. 2'-3 процессида конденсат насос ёрдамида яна буғ қозонига узатиб берилади.

Ренкин циклининг термик ф.и.к. умумий тенгламага кўра:

$$\eta_t = \frac{(q_1 - q_2)}{q_1}$$

Циклда солиштира иссиқлик миқдори q_1 3-4, 4-6, 6-1 процессларида ўзгармас P_1 босимда берилади ва ишчи жисмнинг процесс боши ва охиридаги энтальпиялари айирмасига тенг бўлади:

$$q_1 = i_1 - i_3$$

Циклда олинadиган солиштирма иссиқлик миқдори конденсаторда $2-2'$ изобара бўйича содир бўлади:

$$q_1 = i_2 - i_{2'}$$

У ҳолда Ренкин циклининг ф.и.к. қуйидаги кўринишга келади:

$$\eta_t = \frac{(i_1 - i_3) - (i_2 - i_{2'})}{i_1 - i_3} = \frac{(i_1 - i_2) - (i_3 - i_{2'})}{i_1 - i_3} \quad (9.2)$$

Сувни насос билан адиабатик сиқиб қозонга узатишда қуйидагича иш сарф бўлади:

$$i_n = i_3 - i_{2'}$$

Сув амалда сиқилмайдиган модда бўлгани учун $2' - 3$ процессда $\mathcal{Q} = \text{const}$

$$i_n = i_3 - i_{2'} = \int_{p_2}^{p_1} \mathcal{Q} \delta p = \mathcal{Q}(p_1 - p_2)$$

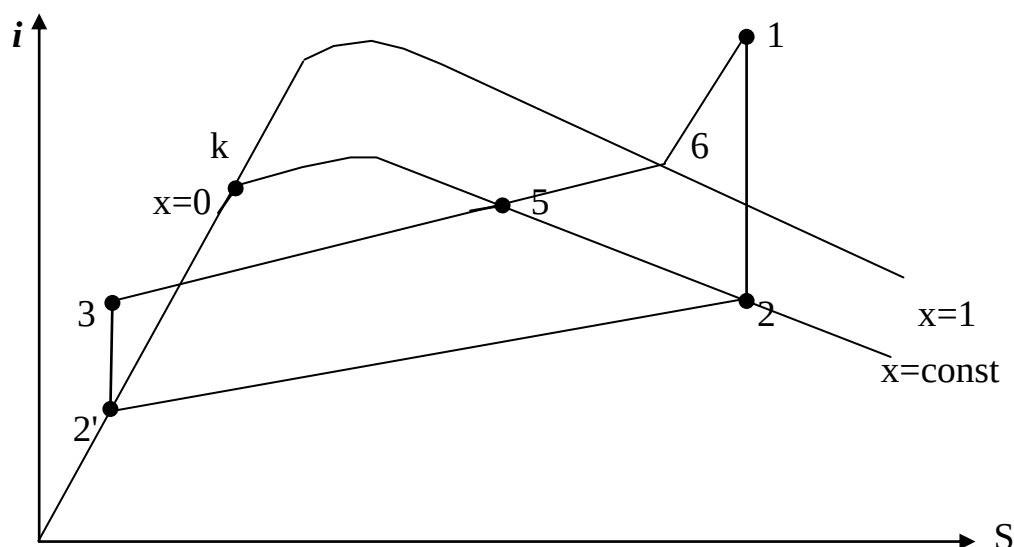
9-2 тенгламадаги $i_3 - i_{2'}$, ни $\mathcal{Q}(p_1 - p_2)$ га ўзгартириб қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$\eta_t = \frac{[i_1 - i_2 - \mathcal{Q}(p_1 - p_2)]}{i_1 - i_3}$$

лекин $i_3 = i_{2'} + \mathcal{Q}(p_1 - p_2)$ шунинг учун:

$$\eta_t = \frac{(i_1 - i_2) - \mathcal{Q}(p_1 - p_2)}{(i_1 - i_{2'}) - \mathcal{Q}(p_1 - p_2)} \quad (9.3)$$

Амалий ҳисобларда Ренкин циклининг ф.и.к.шу кўринишда қўлланилади.



9.5 - расм.

9.5-расмда Ренкин цикли *is*- диаграммада тасвирланган (ҳолатлар T_s ва - диаграммалардагидек белгиланган).

Р 9

Бу диаграммада ординатадаги 1 ва 2 нуқталар орасидаги масофа турбина бажарган ишга, 3 ва 2' нуқталар орасидаги масофа насосда сарфланадиган ишга, 1 ва 3 нуқталар орасидаги масофа циклда бериладиган иссиқлик q_1 га мос келади.

Агар насос бажарган иш i_3-i_2' нинг эга бўлган энтальпиялар айирмаси $i_1 - i_2$ га (турбинада ишлатиладиган) нисбатан жуда кичик бўлиши туфайли уни назарга олинмаса ҳам бўлади десак, у ҳолда (9.2) тенгламани қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$\eta_t = \frac{i_1 - i_2}{i_1 - i_2'} \quad (9.4)$$

Бу муносабатдан паст босимли буғ-куч қурилмалар циклини тахминан ҳисоблашда фойдаланиш мумкин. Юқори босимли қурилмаларда насос иши катталигини назарга олмасдан бўлмайди.

Фойдали иш бирлигини олиш учун турбина орқали муайян миқдорда буғ ўтказиш керак ; буғнинг шу миқдори солиштирма сарфи дейилади ва d ҳарфи билан белгиланади.

Буғнинг ҳар бир килограмми $l=i_1-i_2$ фойдали иш бирлигини ҳосил қилади. Фойдали ишнинг бир бирлигига буғнинг солиштирма сарфи қуйидагича бўлади:

$$d_0 = \frac{l}{i_1 - i_2} \quad (9.5)$$

Энтальпиянинг ўлчов бирлигига қараб буғ солиштирма сарфи d_0 нинг ўлчов бирлиги аниқланади. Агар энтальпия жоуль/кг ларда ўлчанса, d_0 - кг/жоуль ларда ўлчанади.

Барча буғ-куч қурилмалари, асосан, электр энергияси ишлаб чиқаришга мўлжалланган бўлади, шунинг учун буғнинг солиштирма сарфи d электр энергия бирлигига тўғри келадиган килограммларда ўлчанади. Агар энтальпиялар фарқи $i_1 - i_2$ кж/кг ларда ифодаланса, у ҳолда d_0 1 *квт·с* билан ифодаланади. 1 *квт·с* = 3600 кЖ эканлигини ҳисобга олиб (9.5) формулани қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

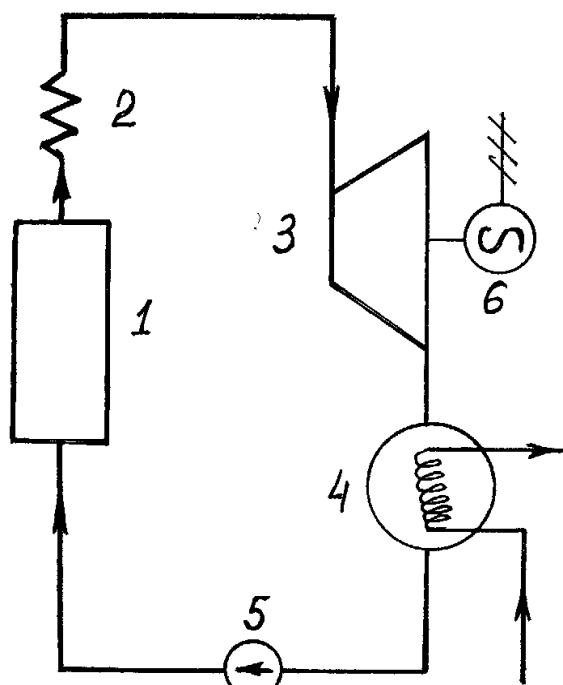
$$d_0 = \frac{3600}{i_1 - i_2} \text{ кг / квт} \cdot \text{с}$$

Муайян қувватда буғнинг нисбий сарфи қанчалик кам бўлса, буғ-куч циклининг ф.и.к.шунчалик катта бўлади.

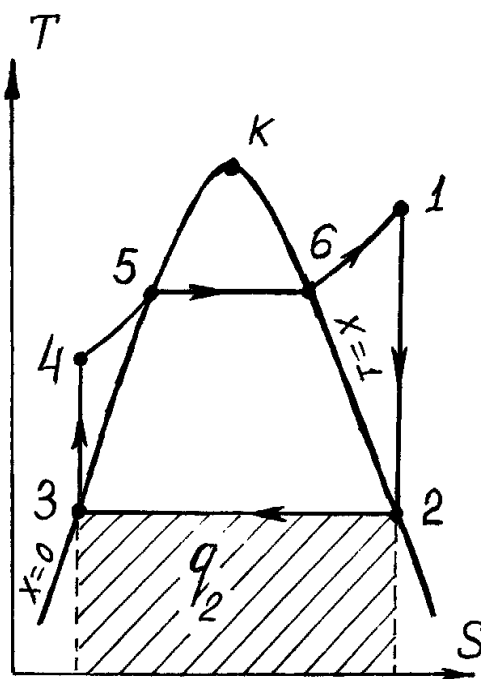
9.4 ТЕПЛОФИКАЦИЯ АСОСЛАРИ

Ренкин цикли термик ф.и.к. энг кулай шароитларда ҳам 50% дан ошмайди. Агар иссиқлик миқдори буғ қозонида, турбогенераторда ва қувурларда фойдасиз йўқолишини ҳисобга олсак, у ҳолда 30-35 % дан ошмайди. Энг кўп иссиқлик миқдори совик манба-конденсаторда совитувчи сувга берилади ва фойдасиз йўқолади. Бу солиштирма иссиқлик миқдори 9.7 расмда TS - диаграммада 3-2-7-8-3 юза тасвирланади.

Одатдаги конденсаторли буғ-турбина иссиқлик куч қурилмаларида конденсатордаги босим тахминан 4 кПа га тенг бўлади, яъни буғ 28-29 °С га яқин температурада конденсацияланади.



9.6 -расм.



9.7 –расм.

Агар охирги P_2 босимни 0,1-0,2 МПа га оширадиган бўлсак, у ҳолда конденсацияланувчи буғ берадиган иссиқликдан аҳолини коммунал-маиший эҳтиёжини (ҳаммомларда, уйларни иситишда, иссиқ сув билан таъминлашда) кондиритишда фойдаланиш мумкин.

Агар P_2 ни 0,15-0,5 МПа га оширадиган бўлсак, конденсацияланувчи буғ иссиқлигидан завод ва фабрикалар ишлаб чиқариш эҳтиёжларини ҳам таъминлаш имконияти туғилади. Электр станцияларида электр энергия ва иссиқликни комбинациялаб (аралаш) ишлаб чиқариш теплофикация деб аталади. Электр энергия ва иссиқликни комбинациялаб ишлаб чиқаришни амалга оширувчи

иссиқлик электр станциялари теплоэлектроцентрал (ТЭЦ) - иссиқлик электр марказлари деб аталади.

9.6-расмда турбинали ТЭЦ тасвирланган ТЭЦ буғ қозони -1, буғ ўта қиздиргич-2, буғ-турбина-3, электрик генератор-6, иссиқлик истеъмолчиси-4 ва насос-5 дан иборат. Теплофикациян буғ-куч қурилмасининг цикли 9.7 расмда TS - диаграммада тасвирланган. Бу диаграммада цикл иши 1-2-3-4-5-6-1 юза билан тасвирланади.

Ишлаб чиқариш ва турмуш эҳтиёжлари учун температура ва босимлари кенг оралиқда бўлган буғ ва сув талаб этилиши туфайли ТЭЦ да турли типдаги теплофикациян турбиналар ишлатилади.

Қурилма иссиқлик истеъмолчисидаги босим P_2 оширилса, циклнинг термик ф.и.к.нинг катталиги бир оз пасаяди.

$$\eta_t = \frac{(q_1 - q_2)}{q_1} = \frac{l}{q_1} \quad (9.7)$$

лекин иссиқликдан фойдаланиш коэффиценти K ошади.

Бу коэффицент циклда бажарилган фойдали иш l ва ташқи истеъмолчига берилган иссиқлик q_2 ни ёқилғи ёнганида ажралиб чиққан иссиқлик миқдорига бўлган нисбати каби аниқланади:

$$K = \frac{l + q_2}{q_1} \quad (9.8)$$

Қурилма қанчалик такомиллашган, яъни қозон агрегати ва буғ қувурларида иссиқлик йўқотишлари, турбинадаги механикавий йўқотишлар, электрик генератордаги механикавий ва электрик йўқотишлар қанчалик кам бўлса, K нинг катталиги 1 га шунча яқин бўлади.

СИНОВ САВОЛЛАРИ:

1. Буғ- куч қурилмаларининг вазифаси.
2. Буғ - турбина қурилмаси.
3. Ренкин цикли.
4. Теплофикация.
5. Карно цикли.
6. Ренкин цикли $P\vartheta$ - диаграммаси.
7. Ренкин цикли Ts - диаграммаси.
8. Ренкин цикли is - диаграммаси.
9. Ренкин цикли ф.и.к. ни аниқлаш.
10. Иссиқлик электр марказлари.

ТАЯНЧ ИБОРАЛАР

Буг - куч қурилмаси, буг қозони, буг қиздиргич, буг турбинаси, электрогенератор, конденсатор, насос таъминот баки, Ренкин цикли, бугнинг солиштира сарфи, теплофикация, иссиқлик электр марказлари.

10 – МАЪРУЗА. ГАЗ ТУРБИНА ҚУРИЛМАЛАРИ ЦИКЛЛАРИ

РЕЖА:

10.1 Асосий тушунчалар.

10.2 Ёқилғи ўзгармас босимда ёнадиган ГТҚ ва унинг цикли.

10.3 Ёқилғи ўзгармас ҳажмда ёнадиган ГТҚ ва унинг цикли.

АДАБИЁТЛАР

1. Нашокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача М., 1980. 244-256 б.
2. Ларионов Н.Н. Теплотехника. М., 1986 й. 160-163 б.
3. Асраев Р.А., Эфендиев А.М., Сафаров Р.Т. Иссиқлик техникаси. Бухоро 2001 й. 99-106 б.

АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР

Поршенли ички ёнув двигателларининг асосий камчилиги катта қувватни битта агрегатда тўплаш ва ишчи жисмни атмосфера босимиغا адиабатик кенгайтириш имкониятининг бўлмаслигидир. Суюқ ёки газсимон ёқилғининг ёниш маҳсулотлари ишчи жисм бўлган газ турбина қурилмаларида бундай камчиликлар бўлмайди. Юқори босим ва температурали ишчи жисм ёниш камерасидан соплога йўналтирилади. Унда кенгайиб, катта тезликда газ турбинаси куракларига киради ва унинг кинетик энергиясидан механик иш олинади.

ГТҚ поршенли двигателлардан бир мунча авфзалликларга эга. Улар нисбатан кам массали, кичик ўлчамли, совитиш суюқлиги ва мой сарфи камлиги учун халқ хўжалигининг турли соҳаларида кенг қўлланилиши мумкин.

Ҳозирги вақтда газ турбиналари авиация, кemasозлик, темир йўл транспортида ишлатилади ва аста-секин энергетикага жорий этилмоқда. Газ турбиналарини йирик энергетик қурилмаларда чекли қўлланилишига асосий сабаб шуки, замонавий конструкцион материалларнинг иссиқликка бардошлиги етарли бўлмаганлигидан турбина поршенли типдаги ички ёнув двигателларига қараганда анча паст температуралар соҳасида яхши ишлай олади, бу эса қурилманинг термик ф.и.к. қийматининг пасайишига олиб келади. Мустаҳкам ва иссиққа чидамли янги материаллар яратишдаги бундан кейинги ютуқлар газ турбинани анча юқори температуралар соҳасида ишлашига имкон беради.

Умуман ГТҚ истиқболли двигателдир ва унинг қўлланилиши энергетикани ривожланишига катта ҳисса қўшади.

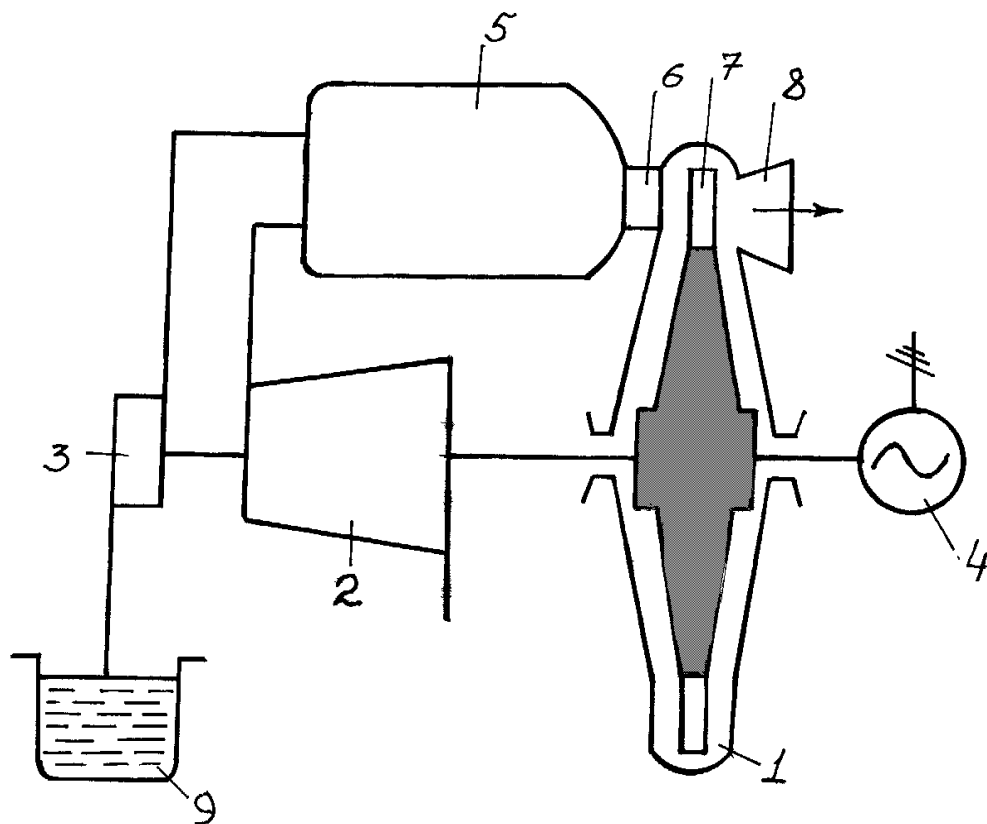
Газ турбиналари иккита асосий турга бўлинади:

ёқилғи $p = \text{const}$ да ёнадиган ГТҚ, ёқилғи $\vartheta = \text{const}$ да ёнадиган ГТҚ.

10.2 ЁҚИЛҒИ ЎЗГАРМАС БОСИМДА ЁНАДИГАН ГТҚ ВА УНИНГ ЦИКЛИ

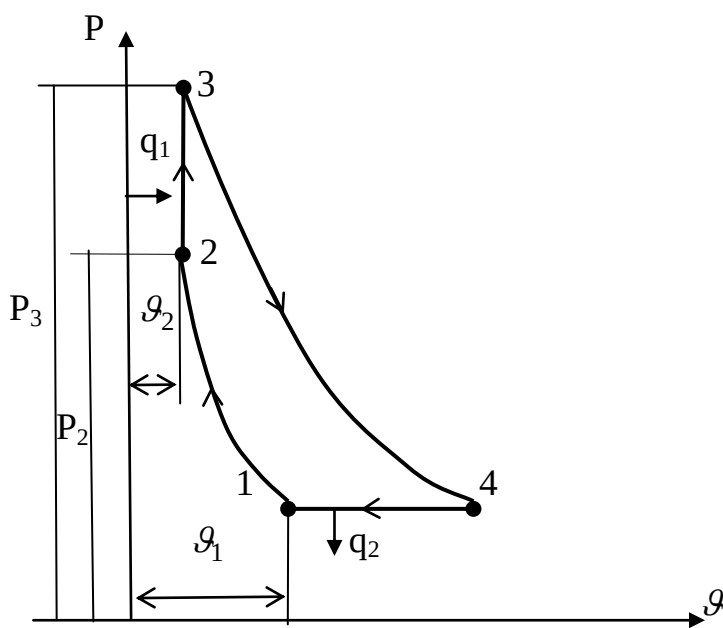
10.1-расмда ёқилғи $P = \text{const}$ да ёнадиган ГТҚ схемаси тасвирланган. Умумий валда газ турбинаси - 1, компрессор-2, ёнилғи насоси- 3 ва энергия истеъмолчиси - 4 ўрнатилган. Компрессор атмосфера ҳавосини сўради, уни керакли босимгача сиқади ва ёниш камераси -5 га юборади. Шу камерага ёнилғи насоси воситасида бак-9 дан ёқилғи берилади ёқилғи газсимон бўлса, насос ўрнига газавий компрессор ишлатилади.

Ёқилғи ёниш камерасида 1 да ёнади. Ёниш маҳсулотлари газ турбина соплолари-6 да кенгайиб, турбина кураклари-7 га киради, у ерда иш бажаради ва сўнгра чиқариш патрубogi-8 орқали атмосферага чиқариб юборилади. Иш бажарган газлар босими атмосфера босимидан бир оз юқори бўлади.

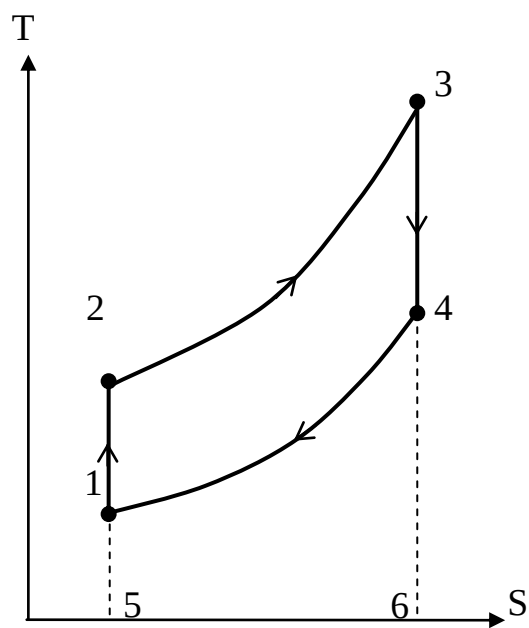


10.1 - расм.

10.2 - ва 10.3 - расмларда ва $P\vartheta$ ва TS- диаграммаларда ГТҚ нинг $P = \text{const}$ да иссиқлик берилиши билан борадиган идеал циклари тасвирланган. Бу циклда ишчи жисмдан иссиқлик олиниши ўзгармас босимда амалга ошади.



10.2 - расм.



10.3 -расм .

P_1, V_1, T_1 бошланғич параметрли ишчи жисм компрессорда 1-2 адиабата бўйича сиқилади (изотермик ёки политропик бўлиши мумкин). 2-3 изобара бўйича ишчи жисмга q_1 иссиқлик берилади (бу процесс ёқилғининг ёниш камерасида ёнишига мос келади). Сўнгра ишчи жисм турбинанинг сопло аппаратида 3-4 адиабата бўйича кенгаяди ва ишни турбина ғилдиракларига беради. 4-1 изобарик процесс иш бажарган газларнинг турбинадан чиқиши, бунда q_2 - иссиқлик олинади.

Цикл учун қуйидаги ўлчамсиз параметрлар ўринли:
компрессорда босим ортиши даражаси: $\beta = P_2 / P_1$;
изобарик кенгайиш даражаси: $\rho = v_3 / v_2$

Ишчи жисмга бериладиган солиштирма иссиқлик миқдори:

$$q_1 = C_p (T_3 - T_2) \quad (a)$$

Ишчи жисмдан совиқ манбага олинadиган солиштирма иссиқлик миқдори:

$$q_2 = C_p (T_4 - T_1) \quad (б)$$

Циклнинг термик Ф. И. К.

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{C_p (T_4 - T_1)}{C_p (T_3 - T_2)} = 1 - \frac{K (T_4 - T_1)}{T_3 - T_2} \quad (в)$$

T_2, T_3 ва T_4 - температураларни ишчи жисм бошланғич температураси T_1 орқали ифодалаб, қуйидагига эга бўламиз:

$$\eta_t = 1 - \left(\frac{1}{\beta^{(k-1)/k}} \right) \quad (10. 1)$$

Ўзгармас босимда иссиқлик бериладиган ГТҚ термик ф.и.к. қиймати босим ортиши даражаси ва адиабата кўрсаткичи K га тўғри пропорционал.

Газ турбинасидан чиқаётган ишлатилган газни ёниш камерасига кираётган ҳавони қиздирувчи иссиқлик алмашинув аппаратига ёки иссиқ сув, буғ олиш учун юбориш мақсадга мувофиқ бўлади.

10.3 ЁҚИЛҒИ ЎЗГАРМАС ҲАЖМДА ЁНАДИГАН ГТҚ ВА УНИНГ ЦИКЛИ

10.4-расмда ёқилғи $\vartheta = \text{const}$ да ёнадиган ГТҚ тасвирланган. Турбина 1 билан битта валга ўтказилган компрессор 2 атмосфера ҳавосини керакли босимгача сиқади. Ёниш камераси 4 га ҳаво билан бир йўла газсимон ёки суюқ ёқилғи компрессор 3 ёки ёқилғи насоси ёрдамида берилади. Баъзан ёниш камерасига алоҳида келадиган ёқилғи ва ҳаво ўрнига олдиндан карбюраторда тайёрланган ёнувчи аралашма берилади. Клапанлар ёпиқ бўлганда ёниш камера-сида ёқилғи одатда электрик свеча 8 дан ёндирилади. Ёқилғи ёниши ўзгармас ҳажмда содир бўлади. Ёқилғининг ёниши тугагандан сўнг, чиқариш клапани очилади ва ёниш маҳсулотлари турбинанинг соплolari 5 га кириб, атмосфера босимигача адиабатик кенгаяди. Соплodан oқиб чиқаётган газлар турбина кураклари 6 га келади, тегишлича иш бажаради ва турбинанинг чиқиш патрубoги 7 орқали атмосферага чиқариб юборилади. қурилманинг фойдали ишини энергия истеъмолчиси 9 қабул қилади.

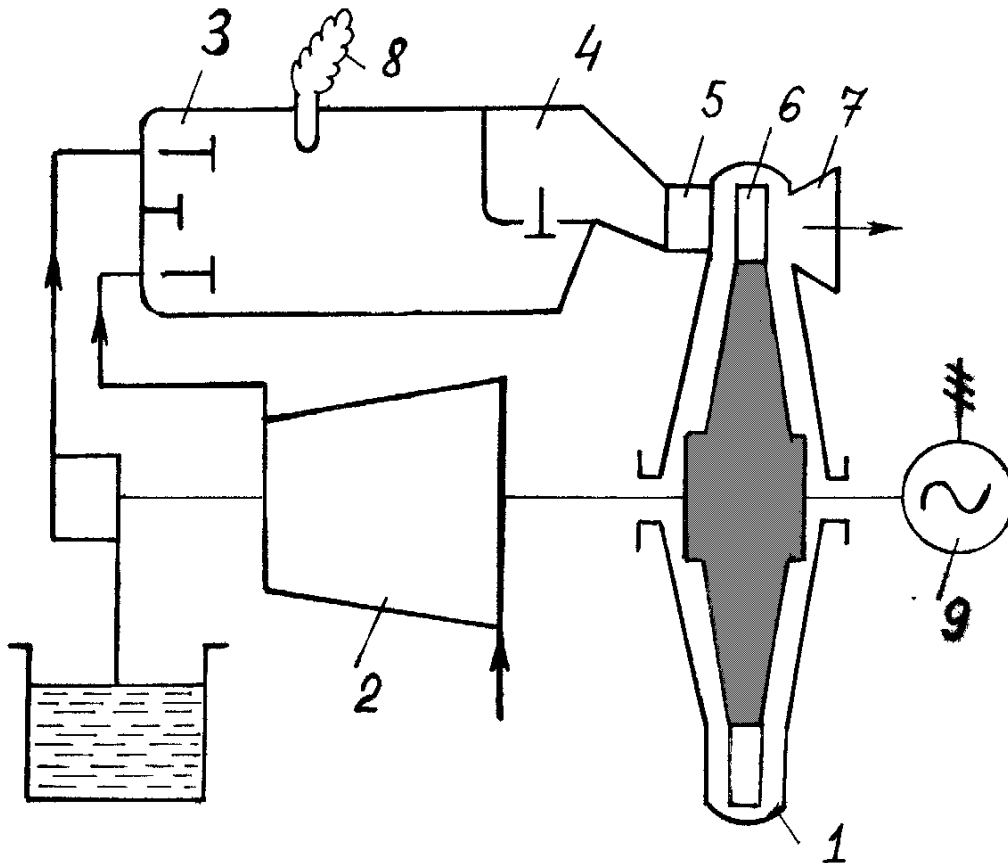
10.5 ва 10.6-расмларда P , ϑ ва TS -диаграммаларда ГТҚнинг $V = \text{const}$ да иссиқлик берилиши билан борадиган идеал цикллари тасвирланган.

Бошланғич параметрлари P_1 , ϑ_1 , T_1 бўлган ишчи жисм 1-2 адиабата бўйича нукта 2 гача сиқилади. Кейин 2-3 изоҳора бўйича ишчи жисмга q_1 - солиштирма иссиқлик миқдори берилади. Ишчи жисм 3-4 адиабата бўйича бошланғич босимгача кенгаяди ва 4-1 изобара бўйича q_2 - солиштирма иссиқлик миқдори олиниб бошланғич ҳолатига қайтади.

Цикл учун қуйидаги ўлчамсиз параметрлар ўринли:

Компрессорда босим ортиши даражаси: $\beta = \frac{P_2}{P_1}$;

Қўшимча босим ортиши даражаси: $\lambda = \frac{P_3}{P_2}$;



10.4-расм .

Ишчи жисмга бериладиган солиштирма иссиқлик миқдори:

$$q_1 = C_g (T_3 - T_2) \quad (\text{а})$$

Ишчи жисмдан совиқ манбага олинадиган иссиқлик миқдори:

$$q_2 = C_p (T_4 - T_1) \quad (\text{б})$$

Циклнинг термик ф.и.к.

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{C_p (T_4 - T_1)}{C_g (T_3 - T_2)} = 1 - \frac{K (T_4 - T_1)}{T_3 - T_2} \quad (\text{в})$$

T_2 , T_3 ва T_4 - температураларни ишчи жисм бошланғич температураси T_1 орқали ифодалаб, қуйидагига эга бўламиз:

$$\eta_t = 1 - \frac{[K (\lambda^{1/k} - T_1)]}{[\beta^{(k-1)/k} \cdot (\lambda - 1)]} \quad (10.2)$$

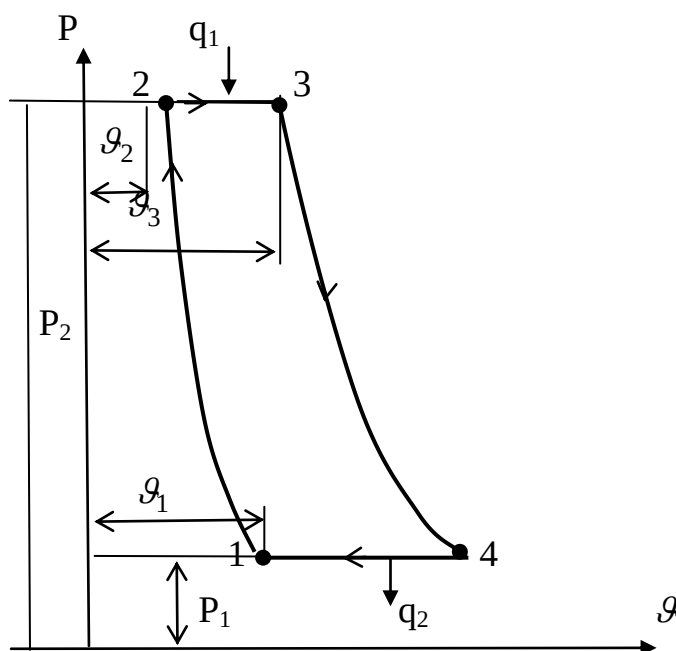
Ўзгармас ҳажмда иссиқлик бериладиган ГТҚ термик ф.и.к. қиймати β , λ ва K қийматларига тўғри пропорционал.

TS- диаграммада ўзгармас ҳажмда иссиқлик берилиши билан борадиган ГТҚ цикли ф.и.к. 10.6-расмда бериладиган ва олинадиган солиштирма иссиқлик миқдорлари юзаси фарқиға кўра аниқланади:

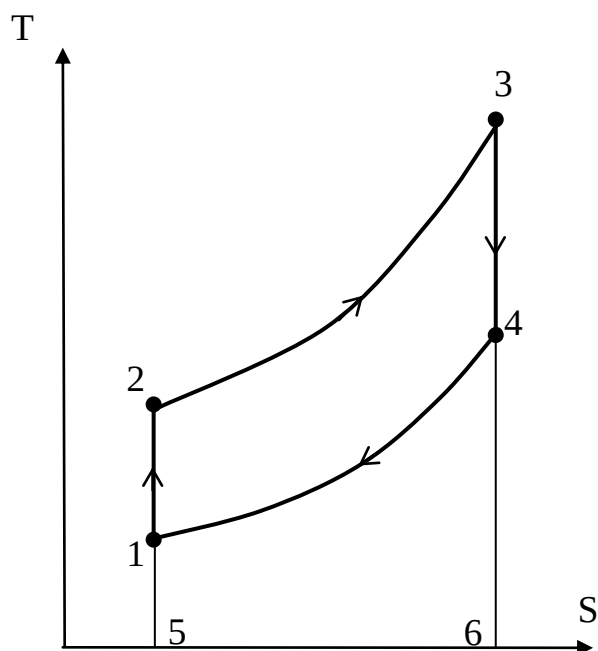
$$\eta_t = (\text{юзa } 5236 - \text{юзa } 5146) / \text{юзa } 5236 = \text{юзa } 1234 / \text{юзa } 5236. \quad (10. 3)$$

Термик ф.и.к. жиҳатидан биров авфзаллигига қарамасдан ёқилғи $V = \text{const}$ да ёнадиган газ турбинали қурилмалар ёқилғи $P = \text{const}$ да ёнадиган газ турбинали қурилмаларга нисбатан кам қўлланилади. Чунки бу қурилмада термик ф.и.к. катта бўлишига қарамасдан, унинг абсолют самарали ф.и.к. ёқилғи $P = \text{const}$ да ёнадиган газ турбина қурилмасининг абсолют самарали ф.и.к.га нисбатан кичик. Бунга сабаб турбинага бериладиган ёқилғи параметрларининг вақт ичида ўзгарувчан бўлишидир. Бундан ташқари, конструктив жиҳатдан, $V = \text{const}$ бўлганда, ички ёнув турбинаси ёқилғи $P = \text{const}$ да ёнадиган турбинага нисбатан мураккаброқ бўлади.

ГТҚ иқтисодий самарадорлигини оширишнинг асосий усуллари иссиқликни регенерация қилиш, ишчи жисмни босқичли сиқиш, кенгайтириш ва бошқалар. Ушбу усуллар махсус курсларда кенг ёритилган.



10.5 - расм.



10.6 - расм.

СИНОВ САВОЛЛАРИ:

1. Газ турбина қурилмалари.
2. Ёқилғи ўзгармас босимда ёнадиган ГТҚ.
3. Ёқилғи ўзгармас ҳажмда ёнадиган ГТҚ.
4. ГТҚ лари цикллари.
5. ГТҚ лари турлари.

6. ГТҚ ларнинг И.Ё.Д. ларидан фарқи.
7. ГТҚ лари иқтисодий самарадорлигини ошириш.
8. ГТҚ циклини диаграммада тасвирлаш.
9. ГТҚ ф.и.к. ни аниқлаш.
10. ГТҚ циклларини таққослаш.

ТАЯНЧ ИБОРАЛАР

Газ турбина қурилмаси, энергетика, ёқилғи ўзгармас босимда ёнадиган ГТҚ, ёқилғи ўзгармас ҳажмда ёнадиган ГТҚ, газ турбинаси, компрессор, ёнилғи насоси, ёниш камераси, компрессорда босим ортиши даражаси, қўшимча босим ортиши даражаси.

11 - МАЪРУЗА. ИССИҚЛИК ЎТКАЗУВЧАНЛИК

РЕЖА:

- 11.1 Иссиқлик узатиш асослари.**
- 11.2 Асосий тушунчалар.**
- 11.3 Иссиқлик ўтказувчанликнинг асосий қонуни.**
- 11.4 Ясси бир қатламли деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиги.**
- 11.5 Ясси кўп қатламли деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиги.**
- 11.6 Бир қатламли цилиндрик деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиги.**
- 11.7 Кўп қатламли цилиндрик деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиги.**
- 11.8 Шарсимон деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиги.**
- 11.9 Ихтиёрий шаклдаги жисмнинг иссиқлик ўтказувчанлиги.**

АДАБИЁТЛАР

1. Нашокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача М., 1980. 307-324 б.
2. Ларинов Н.Н. Теплотехника. М., 1986 й. 210-223 б.
3. Асраев Р.А., Эфендиев А.М., Сафаров Р.Т. Иссиқлик техникаси. Бухоро 2001 й. 112-125 б.

11.1 ИССИҚЛИК УЗАТИШ АСОСЛАРИ

Жисмлар орасидаги иссиқлик алмашинуви ва иссиқликнинг бир жисм ичида тарқалиш процессларининг қонуниятларини ўрганадиган фан иссиқлик узатиш дейилади.

Температуралар фарқи иссиқлик алмашинувининг зарурий ва етарли шартидир. Иссиқлик алмашинуви - бир жинслимас температура майдонида эга бўлган бўшлиқда энергиянинг (иссиқлик шаклида) ўз-ўзидан эркин кўчиши юз берадиган қайтмас процесс.

Иссиқлик уч хил усулда: иссиқлик ўтказувчанлик, конвекция ва нурланиш усулида узатилади. Иссиқлик ўтказувчанлик-жисмнинг турли температурали айрим қисмлари бир-бирига бевосита текканда иссиқлик энергиясининг тарқалиш процесси.

Конвекция - кўпроқ ва камроқ қиздирилган суюқлик ёки газнинг аралашishi ёки кўчиши натижасида энергиянинг узатилиши процесси.

Конвекция ҳодисаси фақат суюқлик ва газларда кузатилади. Нурланиш-энергиянинг электромагнитавий тўлқинлар воситасида узатилиш процесси.

Жисмлар орасида нурий иссиқлик алмашинуви уч босқичда амалга ошади: кўпроқ қиздирилган жисм ички энергиясининг электромагнит тўлқинлари энергиясига айланиши, бу энергиянинг атроф-муҳитга тарқалиши, камроқ қиздирилган жисм томонидан ютилиши ва унинг исиши.

Бу уч усул орқали иссиқлик узатиш иссиқлик машиналари, аппаратлари ва қурилмаларида иссиқлик алмашинувида одатда бир вақтда содир бўлади. Иссиқлик алмашинуви содир бўлаётган шароитга боғлиқ ҳолда бир усулда бошқа усулларга нисбатан кўпроқ иссиқлик узатилиши мумкин. Ҳар бир усул алоҳида-алоҳида қонуниятларга бўйсунishi туфайли уларни айрим-айрим ҳолда кўриб чиқиш лозим бўлади.

11.2 АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР

Нотекис қиздирилган жисмда бир-бирига тегиб турган заррачалар орқали энергиянинг узатилишига иссиқлик ўтказувчанлик дейилади.

Газларда энергия кўчиши тартибсиз ҳаракатланадиган молекулалар ёрдамида, металлларда эса, асосан ўтказувчанлик электронлари орқали, диэлектрикларда кристалл панжара ҳосил қиладиган зарраларнинг боғлиқ тебранишлари ҳисобига амалга ошади.

Маълумки жисм қиздирилганда унинг молекулалари кинетик энергияси ортади. Жисмнинг кўпроқ қиздирилган қисмидаги зарралар ўзининг тартибсиз ҳаракати давомида бошқа зарраларга урилиб ўзининг кинетик энергиясини бир қисмини узатади.

Бир турдаги изотропик (барча йўналишларда бир хил физик хусусиятларга эга бўлган жисм) жисм қиздирилганда унинг турли нуқталаридаги температураси вақт ўтиши билан ўзгариб, иссиқлик температураси юқори бўлган нуқталардан температураси паст бўлган нуқталарга тарқалади.

Қаттиқ жисмларда иссиқлик ўтказувчанлик усулида иссиқлик узатилиши температуранинг фазода вақт ўтиши билан ўзгаришида кузатилади. Вақтнинг айна пайтида кўриб чиқиладиган фазонинг барча нуқталаридаги температура қийматларининг йиғиндиси температура майдони дейилади.

Агар жисм температураси координат ва вақт функцияси бўлса, у ҳолда температура майдони беқарор дейилади:

$$t = f(x, y, z, \tau); \quad \delta t / \delta \tau \neq 0 \quad (11.1)$$

Агар жисм температураси фақат координаталар функцияси бўлиб, вақт ўтиши билан ўзгармаса, температура майдони барқарор дейилади.

$$t = f(x, y, z); \quad \delta t / \delta \tau = 0 \quad (11.2)$$

Икки ўлчамли температура майдонининг тенгламаси:

барқарор режимда: $t = f(x, y); \quad \delta t / \delta z = \delta t / \delta \tau = 0$

беқарор режимда: $t = f(x, y, \tau); \quad \delta t / \delta z = 0; \delta t / \delta \tau \neq 0$

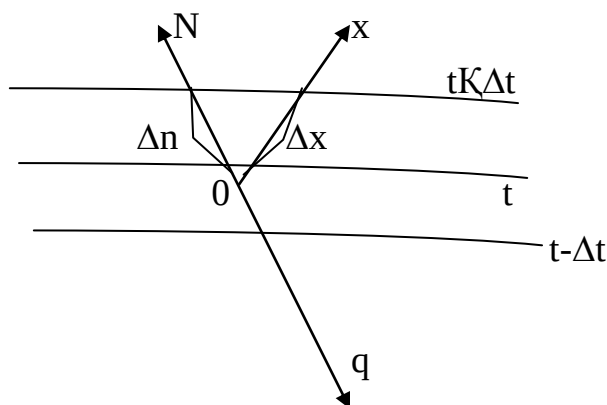
Бир ўлчамли температура майдонининг тенгламаси:

барқарор режимда: $t = f(x); \quad \delta t / \delta \tau = 0 \text{ ва } \delta t / \delta y = \delta t / \delta z$

беқарор режимда: $t = f(x, \tau); \quad \delta t / \delta \tau \neq 0 \text{ ва } \delta t / \delta y = \delta t / \delta z$

Агар температура майдонида бир хил температурали нуқталарни туташтирсак изотермик сирт ҳосил бўлади. Изотермик сиртлар бир-бири билан ҳеч вақт кесишмайди. Уларнинг барчаси жисм сиртида тугайди ёки бутунлай унинг ичида жойлашади.

Жисмнинг температураси изотермик сиртларни кесиб ўтадиган йўналишлардагина ўзгаради. (11.1 -расм).



11.1-расм.

Бунда узунлик бирлигида температуранинг энг катта ўзгариши изотермик сиртга нормал n йўналишда содир бўлади. Температура ўзгариши Δt нинг изотермадаги нормал бўйича Δn масофага нисбати температура градиенти дейилади:

$$\lim\left(\frac{\Delta t}{\Delta n}\right)_{\Delta n \rightarrow 0} = \frac{\delta t}{\delta n} = \text{grad} t \quad (11.3)$$

Температура градиенти - изотермик сиртга туширилган нормал бўйича йўналган вектордир.

Унинг температуранинг кўтарилиш томонига йўналиши мусбат йўналиш ҳисобланади.

11.3 ИССИҚЛИК ЎТКАЗУВЧАНЛИКНИНГ АСОСИЙ ҚОНУНИ

Ҳар қандай жисм ёки фазонинг турли нуқталарида температуралар фарқи бўлгандагина иссиқлик тарқалади. Бу шарт иссиқлик ўтказувчанликка ҳам хос бўлиб, жисмнинг турли нуқталарида температура градиенти нолга тенг бўлмаслиги кераклигини кўрсатади.

Изотермик сиртда жойлашган элементар юза δF дан оралиқ вақт $\delta \tau$ да ўтаётган δQ иссиқлик миқдори билан температура градиенти орасидаги боғланиш Фурье гипотезасига кўра қуйидагича ёзилади:

$$\delta Q = -\lambda \delta F \text{grad} t \delta \tau \quad (11.4)$$

Тенгламанинг ўнг томонидаги минус иссиқлик оқими йўналиши температуранинг пасайиши томонига бўлиб, температура градиенти йўналишига тескари эканлигини билдиради. (11.4) ифодадаги пропорционаллик иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти дейилади.

Ихтиёрий сиртдан вақт бирлиги ичида ўтадиган иссиқлик миқдори иссиқлик оқими дейилади. Иссиқлик оқими Q билан белгиланиб ватт (Вт) да ўлчанади.

Иссиқлик оқимининг сирт юзасига нисбати солиштирма иссиқлик оқими ёки иссиқлик оқимининг зичлиги дейилади ва q билан белгиланиб $\text{Вт}/\text{м}^2$ да ўлчанади:

$$q = \frac{\delta Q}{\delta F} = -\lambda \text{grad} t \quad (11.5)$$

Векторлар q ва $\text{grad} t$ нормалда қарама- қарши йўналишда жойлашган бўлади.

Иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти модданинг қай даражада иссиқлик ўтказишини кўрсатади.

Иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти (11.5) ифодадан топишимиз мумкин:

$$\lambda = \frac{q}{\text{grad} t} = \frac{B \text{м}/\text{м}^2}{\text{град}/\text{м}} = \frac{B \text{м}}{\text{м} \cdot \text{гр}} \quad (11.6)$$

Демак иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти қиймати сон жиҳатдан температура фарқи 1°C бўлганда деворнинг бирлик қатламидан ўтадиган солиштирма иссиқлик оқимига тенг. Иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти модданинг тузилиши, зичлиги, намлиги, босими ва температурасига боғлиқ бўлади.

Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари λ нинг аниқ қийматлари турли моддалар учун тажрибалар асосида аниқланади. Техник ҳисоблашларда λ нинг қиймати жадваллардан олинади.

Баъзи моддалар учун иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари қиймати λ , Вт/(м·к):

Кумуш	458
Тоза мис	390-400
Пўлат, чуян	45 -60
Қизил ғишт	0,55 -0,8
Бетон	0,9-1,4
Ёғоч	0,11-0,17
Асбест	0,09-0,19
Шлакки тола	0,07
Сув (0-100 °С).....	0,55-0,7
Муз	2,5
Ҳаво (0-1000 °С).....	0,024-0,075

Энг яхши иссиқлик ўтказгичлар металллар бўлиб, уларда λ нинг қиймати 3 дан 458 Вт/(м·к) гача ўзгаради. Енгил ғовак материаллар иссиқликни ёмон ўтказади, чунки уларнинг ғоваклари ҳаво билан тўлган бўлади. Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари 0,2 Вт/(м·к) дан кичик бўлган материаллар иссиқлик изоляция материаллари дейилади.

Ҳўл материалнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти унинг курук ҳолатидаги иссиқлик ўтказувчанлигига нисбатан анча катта бўлади. Бунга сабаб шуки, сув иссиқликни ҳавога қараганда 20-25 марта яхши ўтказади.

Қурилиш материаллари ва иссиқлик изоляция материаллари учун λ нинг қиймати 0,02 дан 3,0 Вт/(м·к) гача бўлиб, унинг температурага боғлиқлиги қуйидаги тенглик билан ифодаланади:

$$\lambda = \lambda_0 [1 + \beta t] \quad (11.7)$$

бу ерда: β -температура коэффициенти.

Қўпчилик қурилиш материаллари учун 0-100 °С температура оралиғида $\beta = 0,0025$.

Тоза металллар учун λ нинг қиймати температура ортиши билан камайиб боради.

Томчисимон суюқликларда λ нинг қиймати 0,08 дан 0,65 Вт/(м·к) гача оралиқда ўзгаради. Газларнинг иссиқлик ўтказувчанлиги 0,005 дан 0,1 Вт/(м·к)

гача ораликда бўлиб, температура ортиши билан ортиб боради. Газлардан фақат водород ва гелийнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти бошқа газларникидан анча юқори қийматга эга.

Молекуляр-кинетик назарияга кўра газларнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти қуйидаги тенглик билан аниқланади:

$$\lambda = w l C_g \cdot \frac{\rho}{3} \quad (11.8)$$

бу ерда: w -молекулаларнинг ўртача ҳаракат тезлиги, l -молекулаларнинг ўртача ҳаракатланиш узунлиги; C_g -газларнинг ўзгармас ҳажмдаги иссиқлик сифими; ρ -газларнинг зичлиги.

11.4 ЯССИ БИР ҚАТЛАМЛИ ДЕВОРНИНГ ИССИҚЛИК ЎТКАЗУВЧАНЛИГИ

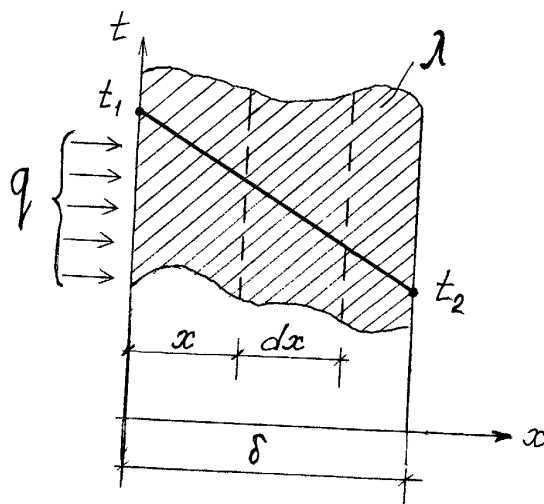
11.2 -расмда бир жинсли материалдан ишланган қалинлиги δ бўлган ясси бир қатламли девор кўрсатилган. Деворнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти ва ташқи сиртларидаги температуралар t_1 ва t_2 , ўзгармас бўлиб, температура фақат девор сиртига перпендикуляр бўлган ўқ X йўналишдагина ўзгаради.

Девор ичида иккита изотермик сирт билан чегараланган, қалинлиги dx бўлган элементар қатлам учун Фурье тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$q = -\lambda \frac{\delta t}{\delta x} \quad \text{ёки} \quad \delta t = -\frac{q}{\lambda} \delta x \quad \text{ва} \quad t = -\frac{q}{\lambda} x + c$$

Интеграллаш доимийси C чегаравий шартлардан аниқланади:

$X = 0$ бўлганда $t = t_1$; $c = t_1$; $x = \delta$ бўлганда $t = t_2 - \frac{q}{\lambda} \delta + t_1$ бўлади.



11.2- расм.

Бундан иссиқлик оқимининг зичлигини аниқлаш мумкин:

$$q = \frac{\lambda}{\delta} (t_1 - t_2) = \frac{\lambda}{\delta} \Delta t \quad (11.7)$$

Агар $t = -\frac{q}{\lambda} x + c$ тенгликка $c = 1$ ва $q = \frac{\lambda}{\delta} \Delta t$ қийматларни қўйсак, температура эгри чизиғининг тенгламасини олиш мумкин:

$$t_x = t_1 - \frac{\Delta t}{\delta} x \quad (11.8)$$

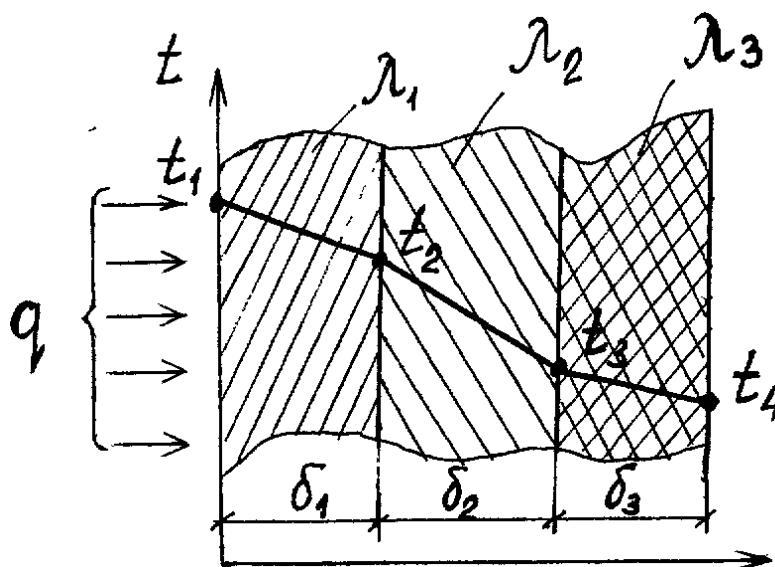
Демак температура бир жинсли деворда тўғри чизик бўйлаб ўзгаради (11.7) формуладан иссиқлик оқимининг зичлигини топиб, деворнинг ясси сирти орқали вақт ичида узатилган умумий иссиқлик миқдорини топишимиз мумкин:

$$Q = qF \tau = \frac{\lambda}{\delta} \Delta t F \tau \quad (11.9)$$

Ясси девор орқали иссиқлик ўтказувчанлик билан узатилган иссиқлик миқдори иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти λ , температуралар фарқи Δt , девор юзаси F ва вақт τ га тўғри пропорционал ва девор қалинлиги δ га тесқари пропорционал бўлади.

11.5 ЯССИ КЎП ҚАТЛАМЛИ ДЕВОРНИНГ ИССИҚЛИК ЎТКАЗУВЧАНЛИГИ

Озиқ-овқат саноатида қўлланиладиган кўплаб иссиқлик алмашинув қурилмаларида иссиқлик ўтказувчанлиги турлича бўлган материаллардан ясалган бир қанча қатламли ясси девор орқали иссиқлик ўтказувчанлик йўли билан иссиқлик узатиш процессини кўриб чиқамиз.



11.3 - расм.

Қатламларнинг қалинлиги δ_1 , δ_2 ва δ_3 билан, иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари эса тегишлича λ_1 , λ_2 ва λ_3 билан белгиланган.

Ташқи сиртларнинг температуралари t_1 ва t_4 берилган, қатламлар орасидаги температуралар t_2 ва t_3 номаълум.

Бундай деворнинг барча қатламлари бир-бирига зич ёпишиб туради. Кўп қатламли девор орқали иссиқлик узатиш процессини барқарор режимда кўриб чиқамиз, шу сабабли деворнинг ҳар қайси қатлами орқали, ўтадиган солиштирма иссиқлик оқими катталиги жиҳатдан ўзгармас ва барча қатламлар учун бир хил бўлади:

$$\begin{aligned} q &= (\lambda_1 / \delta_1)(t_1 - t_2); & q &= (\lambda_2 / \delta_2)(t_2 - t_3); \\ q &= (\lambda_3 / \delta_3)(t_3 - t_4); \end{aligned}$$

Бу тенгликлардан ҳар қайси қатламда температуранинг ўзгаришини топамиз:

$$\begin{aligned} t_1 - t_2 &= q \frac{\delta_1}{\lambda}; & t_2 - t_3 &= q \frac{\delta_2}{\lambda}; \\ t_3 - t_4 &= q \frac{\delta_3}{\lambda}; \end{aligned} \quad (11.10)$$

(11.10) тенгликнинг чап ва ўнг томонини бир-бирига қўшиб қуйидаги тенгликни ҳосил қиламиз:

$$t_1 - t_4 = q \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} \right)$$

Бу нисбатдан уч қатламли девор орқали ўтадиган солиштирма иссиқлик оқимининг катталигини аниқлаш мумкин:

$$q = \frac{t_1 - t_4}{\delta_1 / \lambda_1 + \delta_2 / \lambda_2 + \delta_3 / \lambda_3} \quad (11.11)$$

Кўп қатламли девор учун (11.11) формула кўринишда ёзилади:

$$q = \frac{(t_1 - t_{n+1})}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}} \quad (11.12)$$

Девор қалинлигининг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентига нисбати δ / λ девор қатламининг термик қаршилиги дейилади.

$\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ - деворнинг тўлиқ ички қаршилиги дейилади. Баъзи вақтда кўп

қатламли ясси деворни (11.12) тенгликка эквивалент иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти λ_{Σ} ни киритиб бир қатламли девор каби ҳисобланади:

$$q = \frac{\lambda_{\text{эк}}(t_1 - t_2)}{\sum_{i=1}^n \delta_i} \quad (11.13)$$

бу ерда:

$$\lambda_{\text{эк}} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_i}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}} \quad (11.14)$$

(11.10) ва (11.12) формулалар асосида девор қатламлари орасидаги температуралар t_2 ва t_3 нинг қийматларини топишимиз мумкин:

$$t_2 = t_1 - q \cdot \frac{\delta_1}{\lambda_1} \quad (11.15)$$

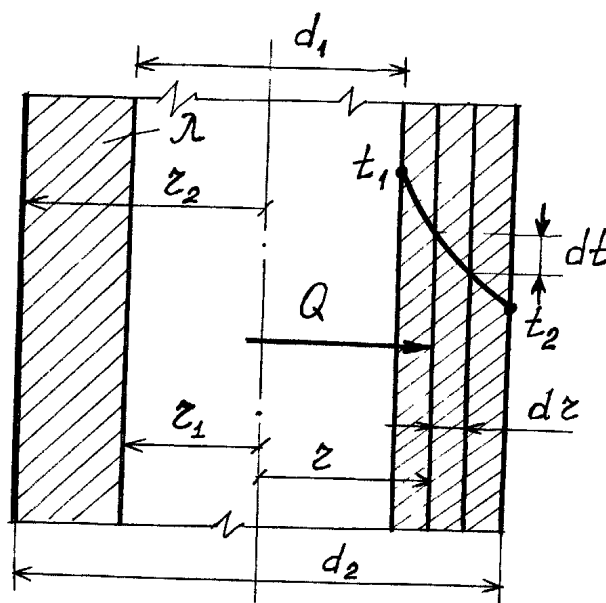
$$t_3 = t_2 - q \cdot \frac{\delta_2}{\lambda_2}$$

$$t_3 = t_4 + q \cdot \frac{\delta_3}{\lambda_3}$$

11.6 БИР ҚАТЛАМЛИ ЦИЛИНДРИК ДЕВОРНИНГ ИССИҚЛИК ЎТКАЗУВЧАЛИГИ

Иссиқлик машиналари ва иссиқлик алмашинув аппаратлари деворларининг сиртлари, кўпинча, концентрик жойлашган иккита цилиндрик сирт билан чегараланган бўлади.

11.4-расмда узунлиги чексиз l ички диаметри d_1 ва ташқи диаметри d_2 бўлган бир жинсли цилиндрик девор кўрсатилган.



11.4-расм.

Кувурнинг ички ва ташқи сиртларининг температуралари t_1 ва t_2 бўлиб, ўзгармасдан қолади. Температура майдони бир ўлчамли ва фақат радиал йўналишда камаяди.

Девор ичида радиуси r ва қалинлиги dr бўлган элементар цилиндрик қатлам ажратамиз. У ҳолда ажратилган шу ясси қатламни девор сифатида қараш мумкин. Чекка сиртлар орасидаги температуралар фарқи dt ни чексиз кичик дейиш мумкин.

Фурье қонунига кўра:

$$Q = -\lambda F \frac{dt}{dr},$$

ёки элементар цилиндрик қатлам учун:

$$Q = -\lambda \alpha \pi r l \frac{dt}{dr}$$

бундан:

$$dt = -\frac{Q}{2\pi \lambda l} \cdot \frac{dr}{r}$$

(а) тенгликни $\lambda = \text{const}$ бўлганда интеграллаб қуйидагини оламиз:

$$\int_{t_1}^{t_2} dt = -\int_{r_1}^{r_2} \left(\frac{Q}{2\pi \lambda l} \right) \left(\frac{dr}{r} \right)_1 (t_1 - t_2) = \left[-\frac{Q}{2\pi \lambda l} \right] \ln \frac{r_2}{r_1}$$

бундан цилиндрик девордан ўтувчи иссиқлик оқимини аниқлаш формуласини оламиз:

$$Q = \frac{2\pi \lambda l (t_1 - t_2)}{\ln \frac{d_2}{d_1}}$$

Юқоридаги тенгликлардан кўриниб турибдики, цилиндрик деворда температура логарифмик эгри чизик бўйича ўзгариб боради. Иссиқлик оқими узунлик бирлигига нисбатан q_e ва ички ёки ташқи сиртга нисбатан q_1 ва q_2 аниқланиши мумкин:

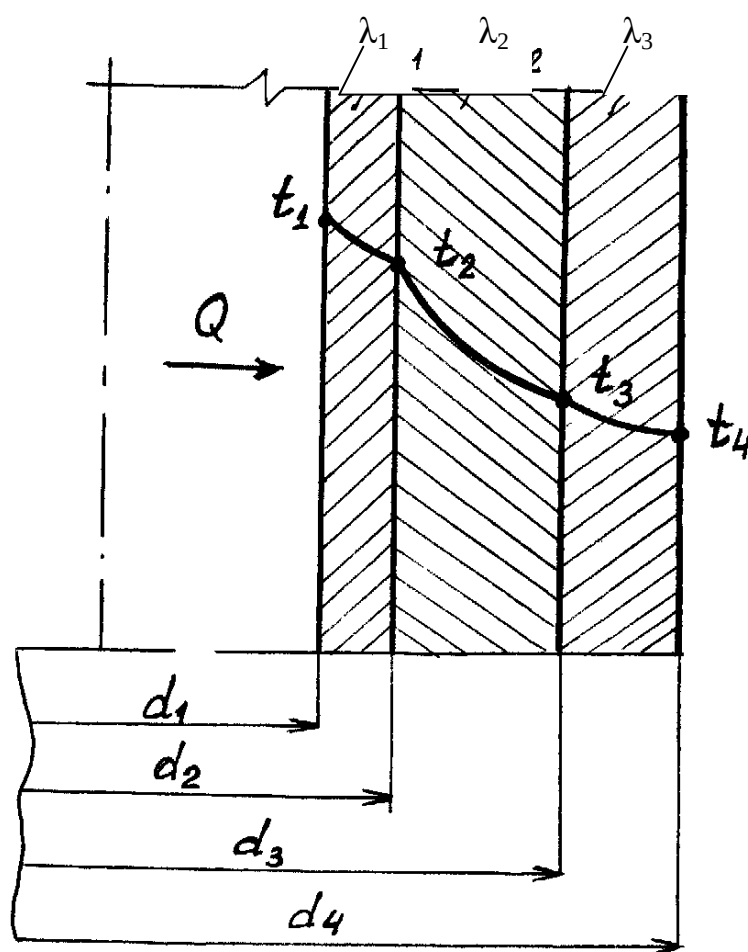
$$q_e = \frac{Q}{l} = \frac{[2\pi \lambda (t_1 - t_2)]}{\ln \frac{d_2}{d_1}} \quad (11.17)$$

$$q_1 = \frac{Q}{\pi d_1 l} = \frac{[2 \lambda (t_1 - t_2)]}{(d_1 \ln \frac{d_2}{d_1})} \quad (11.18)$$

$$q_2 = \frac{Q}{\pi d_2 l} = \frac{[2 \lambda (t_1 - t_2)]}{(d_2 \ln \frac{d_2}{d_1})} \quad (11.19)$$

11.7 КЎП ҚАТЛАМЛИ ЦИЛИНДРИК ДЕВОРНИНГ ИССИҚЛИК ЎТКАЗУВЧАНЛИГИ

Цилиндрик девор бир-бирига зич ёпишиб турган уч қатламдан иборат деб фараз қиламиз. Девор ички сиртининг температураси t_1 ва ташқи сиртининг температураси t_4 , қатламларининг иссиқлик ўтказувчанлик коэффицентлари λ_1 , λ_2 , ва λ_3 , диаметрлари d_1 , d_2 , d_3 ва d_4 билан белгиланган (11.5-расм).



11.5-расм.

Деворнинг ҳар бир қатламида температура логарифмик эгри чизик бўйича ўзгариб боради. Кўп қатламли девор орқали иссиқлик узатиш процессини барқарор режимда кўриб чиқамиз. Шу сабабли деворнинг ҳар қайси қатлами

орқали ўтадиган иссиқлик оқими Q , катталиги жиҳатдан ўзгармас ва барча қатламлар учун бир хил бўлади:

$$Q = [2\pi\lambda_1 l(t_1 - t_2)] \ln \frac{d_2}{d_1}$$

$$Q = [2\pi\lambda_2 l(t_2 - t_3)] \ln \frac{d_3}{d_2}$$

$$Q = [2\pi\lambda_3 l(t_3 - t_4)] \ln \frac{d_4}{d_3}$$

Бу тенгликлардан ҳар қайси қатламда температуранинг ўзгаришини топамиз:

$$t_1 - t_2 = \left[\frac{Q}{2\pi\lambda_1 l(t_1 - t_2)} \right] \cdot \ln \frac{d_2}{d_1}$$

$$t_2 - t_3 = \left[\frac{Q}{2\pi\lambda_2 l(t_2 - t_3)} \right] \cdot \ln \frac{d_3}{d_2}$$

$$t_3 - t_4 = \left[\frac{Q}{2\pi\lambda_3 l(t_3 - t_4)} \right] \cdot \ln \frac{d_4}{d_3}$$

(11.20) тенгликнинг чап ва ўнг томонларини бир-бирига қўйиб қуйидаги тенгликни ҳосил қиламиз:

$$t_1 - t_4 = \frac{Q}{2\pi l} \left(\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{\lambda_3} \ln \frac{d_4}{d_3} \right)$$

Бу нисбатдан уч қатламли цилиндрик девор орқали ўтадиган иссиқлик оқими Q нинг катталигини аниқлаш мумкин:

$$Q = \frac{2\pi l(t_1 - t_4)}{\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{\lambda_3} \ln \frac{d_4}{d_3}} \quad (11.21)$$

Кўп қатламли цилиндрик девор учун (11.20) формула қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$Q = \frac{2\pi l(t_1 - t_{n+1})}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}} \quad (11.22)$$

(11.22) тенгликка эквивалент иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти $\lambda_{\text{эк}}$ ни киритиб иссиқлик оқимини бир қатламли девордаги каби ҳисоблаш мумкин:

$$Q = \frac{2\pi \lambda_{\text{эк}} l(t_1 - t_2)}{\sum_{i=1}^n \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}} \quad (11.23)$$

бу ерда:

$$\lambda_{\text{эк}} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}} \quad (11.24)$$

(11.22) тенгликдан фойдаланиб девор қатламлари орасидаги температуралар қийматини топишимиз мумкин:

$$\begin{aligned} t_2 &= t_1 - \left[\frac{Q}{(2\pi \lambda_1 l)} \right] \ln \frac{d_2}{d_1} \\ t_3 &= t_2 - \left[\frac{Q}{(2\pi \lambda_{21} l)} \right] \ln \frac{d_3}{d_2} \end{aligned} \quad (11.25)$$

11.8 ШАРСИМОН ДЕВОРНИНГ ИССИҚЛИК ЎТКАЗУВЧАНЛИГИ

Иссиқлик манбаи шар ичида бўлиб, ўзгармас иссиқлик оқими шарсимон девор томон йўналган. Температура фақат радиус йўналишида ўзгаради. Ички сирт температураси t_1 , ташқи сирт температураси t_2 , девор радиуси r_1 , ташқи радиус r_2 .

Радиуси r ва қалинлиги dr бўлган шарсимон қатламдан ўтаётган иссиқлик оқимини Фурье тенгламасидан топамиз:

$$\begin{aligned} Q &= \lambda F \left(\frac{dt}{dr} \right) = -\lambda 4\pi r^2 \left(\frac{dt}{dr} \right), \quad \text{ёки} \\ dt &= -\left(\frac{Q}{4\pi \lambda} \right) \cdot \left(\frac{dr}{r^2} \right) \end{aligned}$$

Охирги тенгликни t ва r бўйича интеграллаб, ўзгармас интеграл доимийсини $r = r_1$, $t = t_1$ ва $r = r_2$, $t = t_2$ чегаравий шартлардан аниқлаб, қуйидагига эга бўламиз:

$$Q = \frac{\pi \lambda (t_1 - t_2)}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)} = \frac{2\pi \lambda (t_1 - t_2)}{\left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2} \right)} \quad (11.26)$$

11.9 ИХТИЁРИЙ ШАКЛДАГИ ЖИСМНИНГ ИССИҚЛИК ЎТКАЗУВЧАНЛИГИ

Юқоридаги параграфлардан маълумки, турли шаклдаги жисмлар учун алоҳида иссиқлик ўтказувчанлик тенгламаси мавжуд ва нотўғри шаклдаги жисмлар учун уларни қўллаб бўлмайди.

Нотўғри шаклдаги жисм деворидан ўтаётган иссиқлик миқдори (масалан, девор ясси эмас ва эгри сиртлар билан чегараланган, ёки сирт цилиндрсимон бўлмай, овалсимон) қуйидаги тенглик бўйича аниқланиши мумкин:

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} F_{yp} (t_1 - t_2) \quad (11.27)$$

бу ерда: F_{yp} - сирт юзаси, уни жисм шаклига боғлиқ равишда аниқланади.

Ясси ва цилиндрсимон девор учун $F_2 / F_1 < 2$ (бу ерда F_1 ва F_2 жисм ички ва ташқи сирти юзаси) бўлганда:

$$F_{yp} = (F_1 + F_2) / 2 \quad (11.28)$$

F_1 / F_2 бўлганда цилиндрсимон девор учун:

$$F_{yp} = \frac{(F_2 - F_1)}{(2,3 \lg \frac{p_2}{p_1})} \quad (11.29)$$

Шарсимон девор учун:

$$F_{yp} = \sqrt{F_1 - F_2} \quad (11.30)$$

Юқоридаги ифодалардан тахминий ҳисоблашларда фойдаланиш мумкин. Мураккаб объектлар учун иссиқлик ўтказувчанликни элементлари бўйича алоҳида ҳисобланади. Бу усул ҳам юқори аниқлик бермайди. Мураккаб объектлар учун иссиқлик ўтказувчанликни тажриба йўли билан аниқроқ топиш мумкин.

Агар деворнинг турли жойларида температура ҳар-хил бўлса, у ҳолда бутун девор учун қуйидаги ифода бўйича ўртача температура аниқланади:

$$t_{yp} = \frac{(F_1 t_1 + F_2 t_2 + \dots + F_n t_n)}{(F_1 + F_2 + \dots + F_n)}$$

бу ерда: $F_1, F_2, \dots, F_n$ - бир хил температурали девор бўлими сирти юзаси;

$t_1, t_2, \dots, t_n$ - алоҳида бўлимлар температуралари.

СИНОВ САВОЛЛАРИ:

1. Иссиқлик узатилиши турлари.
2. Температура майдони.
3. Температура градиенти.
4. Иссиқлик ўтказувчанлик.
5. Иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти.
6. Ясси девор орқали иссиқлик ўтказувчанлик.
7. Цилиндрик девор орқали иссиқлик ўтказувчанлик.

8. Конвекцияни тушунтиринг.
9. Шарсимон деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиги.
10. Ихтиёрий шаклдаги жисмнинг иссиқлик ўтказувчанлиги.

ТАЯНЧ ИБОРАЛАР

Иссиқлик узатиш, иссиқлик ўтказувчанлик, конвекция, нурланиш, температура майдони, температура градиенти, изотермик сирт, иссиқлик оқими, иссиқлик оқимининг зичлиги, иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти, Фурье қонуни.

12 - МАЪРУЗА. КОНВЕКТИВ ИССИҚЛИК АЛМАШИНУВИ

РЕЖА:

12.1 Асосий тушунчалар.

12.2 Иссиқлик бериш коэффициенти конвектив иссиқлик алмашинуви дифференциал тенгламаси.

12.3 Ўхшашлик назарияси.

12.4 Эркин ва мажбурий ҳаракатланишда иссиқлик берилиши.

АДАБИЁТЛАР

1. Нашокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача М., 1980. 370-379 б.
2. Черняк О.В. Теплотехника ва гидравлика асослари. Тошкент, 1997 й. 169-179 б.
3. Асраев Р.А., Эфендиев А.М., Сафаров Р.Т. Иссиқлик техникаси. Бухоро 2001 й. 127-137 б.

12.1 АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР

Нотекис қиздирилган суюқ, газсимон ёки сочилувчан муҳитда, муҳитнинг ҳаракатланиши ва иссиқлик ўтказувчанлиги натижасида энергиянинг иссиқлик шаклида узатилишига конвектив иссиқлик алмашинуви дейилади.

Ҳаракатланувчи муҳит ва унинг бошқа муҳит билан чегара сирти орасидаги конвектив иссиқлик алмашинуви иссиқлик бериш дейилади.

Иссиқлик бериш процесси жуда кўп омилларга боғлиқ, улардан асосийларини кўриб чиқамиз.

1. Суюқлик оқшининг вужудга келиш сабаблари. Вужудга келиш сабабларига қараб суюқликнинг ҳаракати эркин ва мажбурий ҳаракатларга бўлинади.

Эркин ҳаракатланиш нотекис қиздирилган муҳитда вужудга келади. Бунда вужудга келадиган температуралар фарқи зичликларнинг фарқ қилишига ва муҳитдаги зичлиги камроқ заррачаларнинг юқорига ҳаракат қилишига олиб келади. Бу ҳолда эркин ҳаракатланиш табиий ҳаракатланиш ёки иссиқлик конвекцияси дейилади.

Эркин ҳаракатланишнинг жадаллик билан бориши муҳитнинг физик хоссасига боғлиқ бўлади.

Суюқликнинг мажбурий ҳаракатланиши ташқи қўзғатувчилар: вентиляторлар, насослар, аралаштиргичлар ва шунга ўхшашларнинг таъсир этиши билан боғлиқ. Булар ёрдамида муҳитни катта тезликда ҳаракатлантириш ёки тезлигини кенг куламда ўзгартириш ва шу билан иссиқлик алмашинуви жадаллигини бошқариш мумкин.

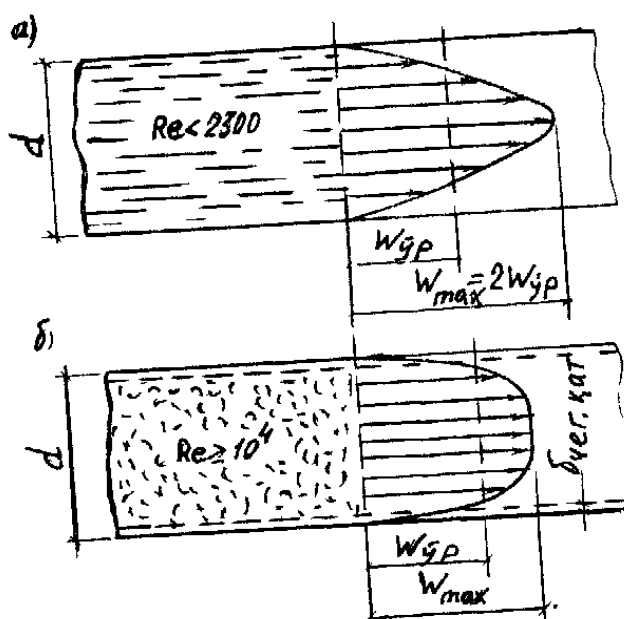
Агар мажбурий ҳаракатланиш тезлиги кичик ва суюқлик заррачалари температуралари орасида фарқ бўлса, мажбурий ҳаракатланиш билан биргаликда эркин ҳаракатланиш ҳам содир бўлади.

2. Суюқликнинг оқиш режими.

Суюқликнинг ҳаракати ламинар ёки турбулент бўлиши мумкин. Ламинар оқишда суюқлик заррачалари осойишта фақат бир-бирига параллел траектория бўйича ҳаракатланади ва уларнинг ҳаракат йўналиши умумий оқим йўналиши билан мос келади. Ламинар ҳаракатда қувурнинг кесими бўйича тезликнинг тақсимланиши парабола характерида бўлади (12.1-расм). Тезликнинг бу каби тақсимланиши суюқлик заррачалари орасидаги қовушоқлик кучлари сасбабли вужудга келади.

Суюқлик заррачаларининг энг юқори ҳаракат тезлиги қувурнинг ўқи бўйлаб содир бўлиб, у ўртача ҳаракат тезлигидан икки баробар юқори бўлади.

Турбулент оқишда суюқлик қатламларининг узлуксиз аралашishi кузатилиб, оқим тартибсиз хаотик ҳаракатда бўлган заррачалар йиғиндисидан иборат бўлади. Турбулент оқиш режимининг қарор топиши тезликнинг қувур ўқи яқинида камайishi ва деворлари яқинида ортиши билан характерланади, шу сабабли тезлик профили 12.1-расмда тасвирланган кўринишни олади.



а) Ламинар

б) Турбулент оқимда.

12.1-расм. Қувур кесимида тезликларнинг тақсимланиши:

Сууюқлик заррачаларининг энг юқори ҳаракат тезлиги қувурнинг ўқи бўйлаб содир бўлиб, у ўртача ҳаракат тезлигидан 1,2-1,3 баробар юқори бўлади.

Қувурга киришдаги кесимда сууюқликнинг ҳаракатланиш тезлиги ўзгармас бўлади. Лекин сууюқлик қувур бўйлаб оқа бошлаши билан деворлар яқинидаги сууюқлик зарралари деворларга ёпишади, натижада деворлар яқинида тезлик кескин пасаяди. Сууюқлик сарфи ўзгармаганлиги сабабли тезлик қувур кесимининг ўртасида тегишлича кўпаяди. Бунда қувур деворларида чегара қатлам ҳосил бўлади. Сууюқлик ҳаракатининг характериға қараб ламинар ва турбулент чегара қатламлар бўлади.

Турбулент чегара қатламда доимо қовушқоқ дейиладиган жуда юпқа қатламча бўлади, унда қовушоқлик кучлари таъсирида турбулент пульсациялар аста-секин сўнади.

Сууюқлик қувурга кирган пайдан то барқарорлашган оқим қарор топгунга қадар чегара қатлам қалинлиги барча кесимни тўлдирганча қувур узунлиги бўйлаб аста-секин ортиб боради. Шу пайдан бошлаб тезликнинг ўзгармас профили юзага келади ва оқим барқарорлашади.

Доиравий қувурда сууюқлик ҳаракатининг характери ўлчамсиз комплекс билан аниқланиб, Рейнольдс сони дейилади ва қуйидагича белгиланади:

$$Re = \frac{wd}{\nu} \quad (12.1)$$

бу ерда: w -сууюқлик ўртача ҳаракат тезлиги, м/с;

d -доиравий қувурнинг диаметри, м;

ν -сууюқликнинг кинематик қовушоқлиги, м²/с.

Доиравий бўлмаган каналларда характерли ўлчам сифатида эквивалент диаметрдан фойдаланилади:

$$d_{\text{экв}} = \frac{4F}{\vartheta}$$

бу ерда: F - канал кўндаланг кесимининг юзаси;

ϑ - унинг периметри.

Агар $Re \leq 2300$ бўлса оқим ламинар, $Re \geq 10000$ да эса турбулент бўлади. Баъзи ҳолларда (канал ички юзаси силлиқ ва киришда юзага келадиган турли кўзғалишлар йўқотилганда) Рейнольдс сони Re нинг қиймати 10 000 гача бўлганда ҳам ламинар оқимни сақлаш мумкин. Бунда ҳосил қилинган ламинар оқим бекарор бўлиб, салгина кўзғалиш натижасида турбулент оқимга айланиб кетади.

Суюқликнинг оқим режими иссиқлик бериш жадаллигига таъсир қилади. Ламинар режимда иссиқликнинг узатилиши оқим йўналишига нормал бўйича асосан иссиқлик ўтказувчанлик йўли билан амалга ошади. Суюқликнинг иссиқлик ўтказувчанлиги анча кичик бўлганлиги сабабли ламинар оқишда иссиқлик алмашилиш жадаллиги катта бўлмайди.

Турбулент оқишда иссиқлик оқим ичида иссиқлик ўтказувчанлик йўли билан, шунингдек, суюқликнинг деярли барча массасининг аралашishi йўли билан тарқалади, бунда суюқликнинг қатлам ости совиқроқ қисми иштирок этмайди чунки, иссиқликнинг молекуляр узатилиши турбулент узатилишдан устун туради. Шунинг учун турбулент оқишда иссиқлик алмашилиш жадаллиги ламинар оқишдагига қараганда анча катта бўлади.

3. Суюқликнинг физикавий хоссалари.

Техникада газ ва суюқ иссиқлик ташувчилар сифатида кўп моддалар қўлланилади: ҳаво, сув, газлар, мой, нефть, спирт, симоб ва бошқалар. Бу моддаларнинг физик хусусиятларига кўра иссиқлик бериши ҳар-хил бўлади. Иссиқлик алмашинувига қуйидаги физик параметрлар таъсир этади: иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти λ , солиштирма иссиқлик сиғими c , зичлиги ρ , температура ўтказувчанлик коэффиценти $a = \lambda / \rho c$ ва динамик қовушоқлик коэффиценти μ .

Барча реал суюқликларда μ турли тезлик билан ҳаракатланаётган суюқликнинг қўшни қатламлари ёки заррачалари орасидаги ишқаланишни характерлайди. Агар μ нинг қиймати қанча катта бўлса, суюқликнинг оқувчанлиги шунча кичик бўлади. Гидродинамика ва иссиқлик узатиш тенгламаларида динамик қовушоқликнинг суюқлик зичлигига бўлган нисбати кинематик қовушоқлик ν ҳам учрайди. $\nu = \mu / \rho$, m^2 / c

Ҳар қайси модда учун бу параметрларнинг муайян қийматлари бор ва улар температуранинг, баъзилари эса босимнинг ҳам функцияси ҳисобланади.

4. Иссиқлик берувчи сиртнинг шакли ва ўлчамлари.

Иссиқлик берувчи сиртнинг шакли, ўлчамлари ва жойлашилиши (тик, ётиқ, қия) катта таъсир кўрсатади. Жисмнинг ҳар қандай оддий шаклларида (кувур, плита ва шунга ўхшашлар) кўп хил иссиқлик берувчи сиртлар ҳосил қилиш мумкин. Оддий сиртдан тортиб энг мураккаб сиртгача ҳар бир сирт иссиқлик ташувчининг ҳаракатланиши ва иссиқлик беришнинг ўзига хос шароитларини вужудга келтиради.

12.2 ИССИҚЛИК БЕРИШ КОЭФФИЦЕНТИ. КОНВЕКТИВ ИССИҚЛИК АЛМАШИНУВИ ДИФФЕРАНЦИАЛ ТЕНГЛАМАСИ

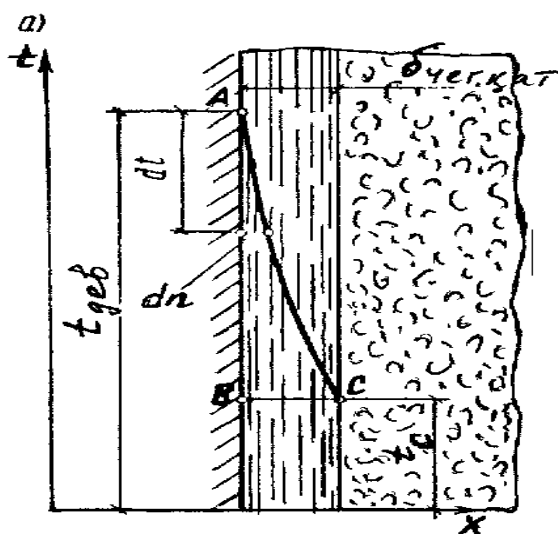
Иссиқлик бериш жараёнига таъсир қиладиган омиллардан кўриниб турибдики, конвектив иссиқлик алмашинувида иссиқлик миқдорини топиш жуда қийин. Иссиқлик бериш жараёнининг жадаллиги ламинар чегара қатламининг борлиги ҳамда унинг қалинлиги билан узвий боғлиқ. Шунинг учун иссиқлик ўтказувчанлик усули билан узатилади деб муаммони Фурье қонунига кўра қуйидаги тенглик билан ифодалаш мумкин:

$$Q = -\lambda \int_F \text{grad } t_F dF \quad (12.2)$$

Аммо ҳисоблашларда бу тенгликни қўллаш жуда қийин чунки деворнинг температура градиенти $\text{grad } t_F$ ва унинг бутун иссиқлик алмашинуви юзаси F да ўзгаришини аниқлаш мумкин эмас.

Ҳисоблашга қулай бўлиши учун 12.2-расмга кўра температура градиентининг қиймати dt/dn ни элементар учбурчак ва учбурчак ABC ўхшашлигига кўра қуйидаги нисбат билан алмаштириш мумкин.

$$\begin{aligned} -\frac{dt}{d\Pi} &= -\frac{AB}{BC} = \frac{t_{\text{дев}} - t_c}{\delta_{\text{чег.кат}}} \quad \text{ёки} \quad -\frac{dt}{dn} = \frac{\Delta t}{\delta_{\text{чег.кат}}} \quad \text{ёки} \\ q &= -\lambda \frac{dt}{dn} = \frac{\lambda}{\delta_{\text{чег.кат}}} \Delta t \quad \text{белгилаймиз} \quad \frac{\lambda}{\delta_{\text{чег.кат}}} = \alpha, \quad \text{у ҳолда} \\ Q &= \alpha \Delta t F \quad \text{ва} \quad q = \alpha \Delta t \end{aligned} \quad (12.3)$$



12.2-расм.

Бу тенглама иссиқлик техникасида Ньютон тенгламаси дейилади. Бу ифодада $-\Delta t$ температура босими, яъни девор сирти билан девор сиртини ювиб ўтадиган суюқликнинг температуралар фарқи, F-девор сиртининг юзаси, суюқлик билан жисм сирти орасидаги иссиқлик алмашинувининг конкрет шарт-шароитларини ҳисобга олувчи пропорционаллик коэффициентлари.

α - иссиқлик бериш коэффициенти дейилади, ўлчов бирлиги $\frac{Вт}{м^2 К}$

Иссиқлик бериш коэффициенти сон жиҳатдан девор сирти ва суюқлик орасидаги температуралар фарқи 1^0 бўлганда, бир бирлик юзадан ўтаётган иссиқлик оқимининг қийматига тенг бўлади. Иссиқлик бериш коэффициенти жуда мураккаб бўлиб, юқорида 4-гуруҳга бўлиб кўриб чиқилган омилларга боғлиқ.

Шуни таъкидлаш керакки қовушоқлик ортиши билан чегара қатлам қалинлиги ортади ва иссиқлик бериш коэффициенти камаяди. Иссиқлик ташувчи оқим тезлигининг ортиши чегара қатлам қалинлигини камайишига ва иссиқлик бериш коэффициентини ортишига сабаб бўлади.

Элементар иссиқлик алмашиниш сиртидан, суюқликнинг ламинар чегара қатлами орқали узатилаётган иссиқлик оқими Фурье қонуни бўйича, 12.2-формулага кўра қуйидагича ифодаланиши мумкин:

$$dQ = -\lambda \frac{dt}{dn} dF$$

Шу иссиқлик оқими 12.3 - формулага кўра қуйидагига тенг:

$$dQ = \alpha \Delta t dF$$

Тенгликларни ўнг томонларини тенглаштириб, қуйидагига эга бўламиз:

$$-\lambda \frac{dt}{dn} = \alpha \Delta t \quad \text{ёки} \quad \alpha = -\frac{\lambda}{\Delta t} \cdot \frac{dt}{dn} \quad (12.4)$$

Тенглик (12.4) иссиқлик алмашинувининг дифференциал тенгламаси дейилади. У жисмнинг чегарасидаги иссиқлик бериш жараёнини тасвирлайди. Иссиқлик бериш коэффициенти α ни топиш учун температура градиентини, яъни суюқликда температурани тақсимланишини билиш керак. Аммо амалда бу тенгламани ечиш жуда кўп қийинчиликларга олиб келади.

Дифференциал тенгламалар иссиқлик бериш жараёнини умумий кўринишда характерлайди. Конвектив иссиқлик алмашинишига доир аниқ масалаларни ечишда дифференциал тенгламаларга ўхшашлик шартларини, яъни кўриб чиқилаётган масаланинг ўзига хос хусусиятининг математик таърифини қўшиш керак бўлади.

Ўхшашлик шартлари қуйидаги ўзига хос белгилари билан характерланиб, бир бутун ҳодисалардан уларни ажратиб туради. Улар қуйидагилардан иборат:

1. Жараён бораётган жойдаги, жисм ёки жисмлар системасининг ўлчами ва шаклини аниқловчи геометрик шартлар.
2. Берилган системани ташкил қилувчи жисмга хос физик шартлар.
3. Системанинг атроф - муҳит билан ўзаро таъсирини белгиловчи чегара шартлар.
4. Кўриб чиқиладиган жараённинг маълум вақтга боғлиқ хусусиятларини белгиловчи вақтинчалик шартлар (барқарор жараёнлар учун вақтинчалик шартлар керак бўлмайди).

Дифференциал тенгламалар ва ўхшашлик шартлари конкрет айрим ҳодисаларни аниқлаши мумкин. Кўпчилик ҳолларда конвектив иссиқлик алмашилишини текширишда ўрганиладиган ҳодисаларнинг қийинлигидан дифференциал тенгламалар ва ўхшашлик шартларини қаноатлантирадиган ечимини топиш жуда қийин.

Иссиқлик бериш коэффициенти тажриба йўли билан тўғрироқ аниқланиши мумкин. Аммо бу усул мураккаб ва катта иссиқлик қурилмалари учун α ни топиш қийин бўлиб, кўп куч ва маблағ талаб қилади. Бундан ташқари олинган натижалар айнан шу қурилмага тегишли бўлиб, лойihalанаётган ёки қуриладиган бошқа бу каби қурилмаларга тадбиқ қилиш аниқ натижалар бермайди.

Шунинг учун ҳозирги пайтда иссиқлик бериш коэффициенти тажриба йўли билан аниқлаш иссиқлик қурилмаларининг ўзида эмас, балки уларнинг, тажриба ўтказишга қулайроқ соддалаштирилган нусхаларида (моделларида) олиб борилади. Нусхада олинган натижалар эса шунга ўхшаш ҳодисаларга умумлаштирилиб тадбиқ қилиниши мумкин.

Экспериментал текшириш усулининг камчилиги тажрибадан олинган натижаларни ўрганилган ҳодисалардан бошқаларига тадбиқ қилиш мумкин эмаслигида бўлса, математик (назарий) физикавий камчилиги кўп табиат қонунлари ва тажриба натижалари умумлашмасини ўз ичига оладиган, дифференциал тенгламалар ва ўхшашлик шартларини айрим конкрет ҳодисага тадбиқ қилиш мумкин эмаслигидадир.

Амалий мисолларни ечишда бу ҳар иккала усулдан алоҳида фойдаланиш яхши натижалар бермайди. Ҳозирги вақтда конвектив иссиқлик алмашинувини текшириш учун ўхшашликлар назариясидан фойдаланилади. У процессни аналитик ва экспериментал текшириш усуллари ўзида умумлаштиради.

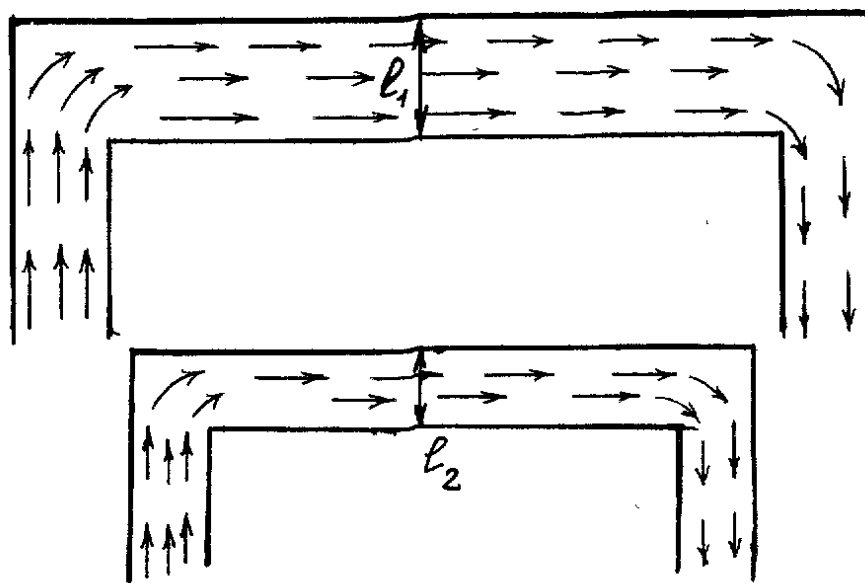
12.3 ЎХШАШЛИК НАЗАРИЯСИ

Ўхшашлик назарияси конкрет қурилмада олинган тажриба натижаларини бошқа шунга ўхшаш ҳодисаларга қачон татбиқ этиш мумкинлигини, яъни процессларнинг ўхшашлигини аниқлашга имкон беради.

Ўхшашлик назарияси дифференциал тенгламалар ва ўхшашлик шартлари асосида, интеграллашларсиз, хулоса чиқаришга имкон бериб, тажрибани қуйишга ва эксперимент натижаларини ишлашга назарий асос бўлади.

Маълумки ҳар бир физик процесс, математик физика тенгламалари билан ифодаланиши мумкин. Бу тенгламаларни таҳлил қилиш натижасида, қайси омиллар изланаётган қийматга таъсир қилиши ва тенгламанинг умумий кўриниши аниқланиши мумкин.

Масалан, иккита бир-бирига ўхшаш каналда ҳар-хил суюқликлар турли тезликда ҳаракат қиляпти (12.3-расм).



12.3-расм.

Агар каналларнинг исталган мос нуқталаридаги тезликлари ва суюқликнинг физик хусусиятлари пропорционал бўлса ҳодиса гидродинамик ўхшаш бўлади:

$$\frac{l_1}{l_2} = K_l; \quad \frac{w_1}{w_2} = K_w; \quad \frac{\mu_1}{\mu_2} = K_\mu; \quad \frac{\rho_1}{\rho_2} = K_\rho$$

Ўзгармас K_l, K_w, K_μ, K_ρ -катталиклар ўхшашлик константалари дейилади.

Каналларда ҳаракатланаётган икки оқим иссиқлик алмашилишининг ўхшаш бўлиши учун геометрик ўхшашликдан ташқари, тезликлар майдони ва

суюқликлар хусусиятлари (зичлик, қовушоқлик ва бошқа) ўхшаш бўлиб, ундан ташқари температура майдонлари ҳам ўхшаш бўлиши зарур.

Шундай қилиб, физик процесслар ўхшаш бўлиши учун: биринчидан улар моҳиятига кўра бир хил бўлиб, бир хил математик тенглик билан ифодаланиши, иккинчидан процесслар геометрик ўхшаш қурилмаларда бориши, учинчидан физик параметрлар майдони (тезлик, майдони ва бошқа) ўхшаш бўлиши керак.

Тезлик майдони, температура майдони ёки бошқа майдонлар тенглама кўринишида ёзилиши мумкин:

$$t = f(x, \tau, \alpha, \lambda, t_0, t_{амм}, \delta) \quad (12.5)$$

Ўзгарувчиларнинг кўп бўлганлиги бу тенгламани аналитик очишни қийинлаштиради. Барча ўзгарувчиларни бирлаштириб, ўлчамсиз катталикларга ўтиш натижасида процесснинг математикавий баёни ўлчамсиз ҳолга келади.

Бунда масштаблар, шунингдек, масалага кирувчи физикавий константалар ўхшашлик сонлари ёки критерийлари дейиладиган ўлчамсиз комплекслар ҳолида бирлаштирилади. Энг кўп ишлатиладиган ўхшашлик сонларини кўриб чиқамиз.

Нуссельт сони, қаттиқ жисм билан суюқлик чегарасидаги иссиқлик алмашинувини характерлайди:

$$Nu = \frac{\alpha l_0}{\lambda} \quad (12.6)$$

бу ерда: α -иссиқлик бериш коэффициентини;

l_0 -жисмнинг аниқловчи чизиғий ўлчами;

λ -суюқликнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини.

Рейнольдс сони, инерция кучлари билан қовушоқлик нисбатини характерлайди:

$$Re = \frac{w l_0}{\nu} \quad (12.7)$$

бу ерда: w -суюқликнинг ўртача тезлиги;

ν -суюқликнинг кинематик қовушоқлиги.

Эйлер сони, босим кучлари билан инерция кучларининг нисбатини характерлайди:

$$Eu = \frac{P}{\rho w^2} = \frac{\Delta F}{\rho w^2} \quad (12.8)$$

бу ерда: P - босим

Пекле сони, иссиқликнинг конвекция ва иссиқлик ўтказувчанлик йўли билан тарқалиш нисбатини характерлайди:

$$Pe = \frac{wl_0}{a} \quad (12.9)$$

бу ерда: a - суюқликнинг температура ўтказувчанлик коэффициентини.

Грасгоф сони, зичликларнинг фарқи туфайли суюқликда пайдо бўладиган кўтариш кучларининг қовушоқлик кучларига нисбатини характерлайди:

$$Gr = \frac{g \beta \Delta t l_0^3}{\nu^2} \quad (12.10)$$

бу ерда: g - эркин тушиш тезланиши;

Δt - девор ва суюқлик орасидаги температуралар фарқи;

β - суюқлик ҳажмий кенгайишининг температуравий коэффициентини (газлар учун $\beta = 1/T$)

Прандтл сони, суюқликнинг физикавий хоссаларини характерлайди:

$$Pr = \frac{\nu}{a} \quad (12.11)$$

Аниқланадиган ва аниқловчи ўхшашлик сонлари орасидаги боғлиқлик ўхшашлик тенгламаси ёки критериал тенглама дейилади. Иссиқлик аппаратларида иссиқлик бериш коэффициентини α ва гидравлик қаршилик ΔP изланадиган қийматлар ҳисобланади.

Nu сонида номаълум иссиқлик бериш коэффициентини α , Эйлер сонида гидравлик қаршилик ΔP мавжуд. Шунинг учун Nu ва Eu сони аниқланадиган, Pr , Gr ва Re сонлари аниқловчи ҳисобланади.

Конвектив иссиқлик алмашинишда ўхшашлик тенгламаси қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$Nu = f_1(Re \cdot Gr \cdot Pr) \quad (12.12)$$

$$Nu = f_2(Re \cdot Gr \cdot Pr) \quad (12.13)$$

Суюқлик мажбурий ҳаракатда бўлганда бу тенгликлар соддалашади:

$$Nu = f(Re \cdot Pr) \quad (12.14)$$

Суюқлик эркин ҳаракат қилганда:

$$Nu = f(Gr \cdot Pr) \quad (12.15)$$

Суюқликлар учун иссиқлик бериш коэффициентини α девор киздирилганда ва совитилганда ҳар хил қийматга эга бўлиши тажрибаларда аниқланган. Шунинг учун иссиқлик оқими йўналиши қуйидаги қиймат билан ҳисобга олинади:

$$\left(\frac{Pr_{\text{суюк}}}{Pr_{\text{девр}}} \right)^{0,25}$$

У ҳолда конвектив иссиқлик алмашилиши учун умумийлаштирилган ўхшашлик тенгламаси қуйидаги кўринишда ёзилади.

$$Nu = c Re^n \cdot Gr^e \cdot Pr^m \left(\frac{Pr_{суюк}}{Pr_{дег}} \right)^{0,25} \quad (12.16)$$

Ўхшашлик сонлари орасидаги миқдорий боғланиш эксперимент натижалари асосида топилади.

12.4 ЭРКИН ВА МАЖБУРИЙ ҲАРАКАТЛАНИШДА ИССИҚЛИК БЕРИЛИШИ

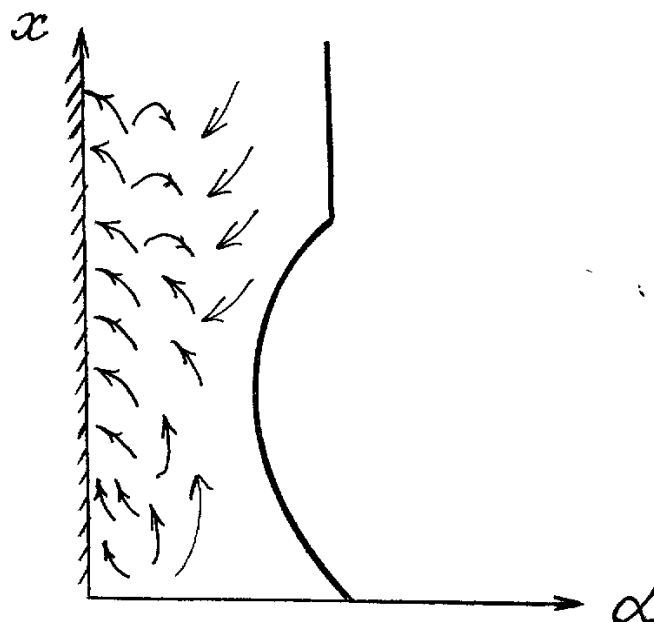
Эркин ҳаракатланишда иссиқлик алмашинуви процесси кўпчилик иссиқлик қурилмаларида кузатилади. Масалан, хона ҳавоси печь ёки иситиш асбоби ёрдамида эркин конвекция йўли билан иситилади. Бу қозонларида сувни қиздириш ҳам шу усулда амалга оширилади.

Эркин ҳаракатланиш фақат иссиқлик алмашинуви бўлгандагина вужудга келиши ва давом этиши мумкин. Бунда иссиқлик алмашинуви қанчалик кучли бўлса, муҳит ҳам шунчалик тез ҳаракат қилади.

Эркин конвекция йўли билан иссиқлик алмашинувида қизиган зарралар юқоридан тушаётган совиқ зарраларга қарши, яъни пастдан юқорига томон ҳаракат қилади. Бунда мураккаб ҳаракат вужудга келиб кўтарилувчи ва тушувчи оқимлар тўқнашади. 12.4-расмда ҳавонинг қизиган вертикал девор атрофида ҳаракатланиши кўрсатилган.

Деворнинг пастки қисмида иссиқлик ташувчининг девор сиртига бевосита тегиб турган юпқа қатлами кичикроқ тезлик билан юқорига кўтарилиб, ламинар оқим ҳосил қилади. Шундан кейин ҳаракатланиш давомида иссиқлик ташувчининг зарраларини илаштириб кетиши ҳисобига ҳаракатланувчи қатлам қалинлиги аста-секин ортиб боради. Бунда тезлик ортади, ламинар оқиш режими бўзилади, лекин ҳали турбулент оқиш режимига ўтмаган бўлади. Бундай оқиш режими оралиқ режим дейилади. Оралиқ оқим барқарор бўлмайди, у турбулент оқиш билан алмашинади, қувурнинг юқори қисмининг ҳаммасида оқиш режими турбулент бўлади.

Иссиқлик ташувчининг ҳаракатланиш характери ўзгаришига қараб, иссиқлик бериш коэффициентининг қиймати ҳам 12.4-расмда кўрсатилгандек ўзгаради.



12.5 - расм.

Табиий конвекцияда умумий ўхшашлик тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$Nu = C(Gr \cdot Pr)^n \left(\frac{Pr_{\text{сулк}}}{Pr_{\text{дег}}} \right)^{0,25} \quad (12.17)$$

С ва П константлар аргумент $(Gr \cdot Pr)$ нинг ўзгариш интервалига боғлиқ.

(12.17) - формуладан Nu сонининг қийматини аниқлаб ва уни (12.16) - формулага қўйиб, иссиқлик бериш коэффициентини аниқлаш мумкин:

$$\alpha = \frac{Nu \lambda}{l_0} \quad (12.18)$$

Кўп ўтказилган тажрибалар натижаларини умумлаштириб, қуйидаги эмперик ўхшашлик тенгламалари олинган:

ётиқ қувур учун: $10^3 \leq Gr \cdot Pr < 10^8$

$$Nu = 0,5(Gr \cdot Pr)^{0,25} \left(\frac{Pr_{\text{сууло}}}{Pr_{\text{дег}}} \right)^{0,25} \quad (12.19)$$

тик юзалар учун:

а) ламинар режимда:

$$Nu = 0,75(Gr \cdot Pr)^{0,25} \left(\frac{Pr_{\text{сулк}}}{Pr_{\text{дег}}} \right)^{0,25} \quad (12.20)$$

б) турбулент режимда: $Gr \cdot Pr > 10^9$

$$Nu = 0,15(Gr \cdot Pr)^{0,33} \left(\frac{Pr_{суюк}}{Pr_{дег}} \right)^{0,25} \quad (12.21)$$

Бу тенгликлар суюқлик учун $Pr \geq 0,7$ бўлганда, барча физикавий константлар суюқликнинг ўртача температурасида олинганда, аниқловчи ўлчам ётиқ қувур учун диаметр ва тик юза учун баландлик бўлганда ўринли бўлади.

Мажбурий ҳаракатланишда иссиқлик берилиши жадаллиги, асосан муҳитнинг ҳаракатланиш тезлигига боғлиқ бўлиб, сони катталашганда суюқлик билан девор орасида иссиқлик алмашинуви кучаяди.

Тўғри қувурларда суюқликнинг мажбурий ламинар ҳаракатланишида иссиқлик алмашинувини ҳисоблаш учун М.А.Михеев формуласи қўлланилади.

$$Nu = 0,15 Re^{0,33} Pr^{0,43} (Gr \cdot Pr)^{0,1} \left(\frac{Pr_{суюк}}{Pr_{дег}} \right)^{0,25} \quad (12.22)$$

Бу формула $\frac{l}{d} > 50$ бўлганда иссиқлик бериш коэффициентининг ўртача қийматини топишга имкон беради. У ҳар қандай суюқлик учун ўринли бўлиб, эркин конвекция ва иссиқлик оқими йўналиши таъсирини ҳам тўлиқ ҳисобга олади. Ҳаво ва икки атомли газлар учун Прандтл сони амалда температурага боғлиқ бўлмайди, шунинг учун $\frac{Pr_{суюк}}{Pr_{дег}} = 1$ бўлади.

Турбулент оқиш режимида $Re > 10^4$ ва $\frac{l}{d} > 50$ бўлганда, қувурлардаги иссиқлик берилишини ҳисоблаш учун М.А.Михеев томонидан таклиф этилган қуйидаги формуладан фойдаланилади:

$$Nu = 0,0215 Re^{0,8} Pr^{0,43} \left(\frac{Pr_{суюк}}{Pr_{дег}} \right)^{0,25} \quad (12.23)$$

Ҳаво учун бу формула ($Pr = 0,7$ бўлганда) соддалашади.

$$Nu = 0,018 Re^{0,8} \quad (12.24)$$

СИНОВ САВОЛЛАРИ:

1. Иссиқлик бериш.
2. Иссиқлик бериш коэффициенти.
3. Иссиқлик бериш жараёнига таъсир этувчи асосий омиллар.
4. Ўхшашлик сонлари.
5. Ўхшашлик тенгламалари.
6. Ўхшашлик назарияси.
7. Конвектив иссиқлик алмашинуви дифференциал тенгламаси.
8. Иссиқлик бериш коэффициентини аниқлаш.
9. Эркин ҳаракатланишда иссиқлик берилиши.
10. Мажбурий ҳаракатланишда иссиқлик берилиши.

ТАЯНЧ ИБОРАЛАР

Конвектив иссиқлик алмашинуви, иссиқлик бериш коэффициенти, эркин ҳаракатланиш, ламинар оқим, турбулент оқим, Рейнольдс сони, температура ўтказувчанлик коэффициенти, динамик қовушқоқлик коэффициенти, чегара қатлам, ўхшашлик назарияси, Нуссельт сони, Грасгоф сони, Прандтл сони, ўхшашлик тенгламаси.

13 - МАЪРУЗА. НУРИЙ ИССИҚЛИК АЛМАШИНУВИ

РЕЖА:

13.1 Асосий тушунчалар.

13.2 Иссиқлик нурланишининг асосий қонунлари. Кирхгоф қонуни.

13.3 Жисмлар орасида нурий иссиқлик алмашинуви.

13.4 Бири иккинчисини ичида жойлашган жисмлар орасида нурий иссиқлик алмашинуви.

13.5 Жисмлар орасида экран бўлганда нурий иссиқлик алмашинуви.

13.6 Газ ва бузларнинг нурланиши.

АДАБИЁТЛАР

1. Нашокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача М., 1980. 402-423 б.
2. Ларионов Н.Н. Теплотехника. М., 1986 й. 262-273 б.
3. Асраев Р.А., Эфендиев А.М., Сафаров Р.Т. Иссиқлик техникаси. Бухоро 2001 й. 141-153 б.

13.1 АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР

Барча жисмлар абсолют нолдан юқори температурада ўзидан фазога тўхтовсиз равишда турли узунликдаги электромагнитавий тўлқинлар тарқатиб туради. Нур чиқараётган жисмдан тарқаладиган электр ва магнитавий майдонларнинг тебранишлари электр магнитавий тўлқинлар дейилади.

Модданинг атом ва молекулалари электр магнитавий тўлқинларнинг манбаи бўлади. Электр магнитавий нурланишнинг бир неча турлари мавжуд, улардан ҳар бири тўлқин узунлигига қараб жисмга турлича физикавий таъсир кўрсатади.

Жисмлар турли тўлқин узунлигидаги Рентген, инфрақизил, ултрабинафша, γ , иссиқлик, ёруғлик каби нурларни барча йўналишларда ва тўғри чизик бўйлаб атроф-муҳитга ёруғлик тезлигида тарқатади. Иссиқлик техникасида қўлланиладиган температураларда иссиқлик нурланиши тўлқин узунлиги $\lambda = 0,4-800$ мкм ($1 \text{ мкм} = 10^{-6} \text{ м}$) гача бўлиб, тўлқин узунлиги $0,8-800$ мкм бўлган инфрақизил ва тўлқин узунлиги $\lambda = 0,4-0,8$ мкм бўлган ёруғлик нурларини ўз ичига олади.

Бир-бирига нисбатан қандай жойлашганлигидан қатъий назар, бир хил ёки ҳар-хил температурали жисмлар орасида узлуксиз нурий иссиқлик алмашинуви содир бўлиб туради.

Турли жисмларнинг нур чиқариши жисмнинг табиатиға, унинг температурасиға ва сиртининг ҳолатиға боғлиқ бўлади. Нур чиқараётган жисмнинг фақат температураси ва оптик хоссалари билан аниқланадиган нурланиш иссиқлик нурланиши дейилади.

Жисмға ютилган иссиқлик нурлари атом ва молекулаларнинг тартибсиз иссиқлик ҳаракат энергиясига айланади ва жисмнинг температурасини оширади.

Нур чиқараётган жисмларнинг температураси кўтарилиши билан нурланиш жадаллиги ортади.

Агар паст температураларда (тахминан 1000°C гача) конвекция ва иссиқлик ўтказувчанлик йўли билан иссиқлик алмашинуви асосий бўлса, юқорироқ температураларда иссиқлик алмашинувининг асосий тури нурий иссиқлик алмашинуви бўлади.

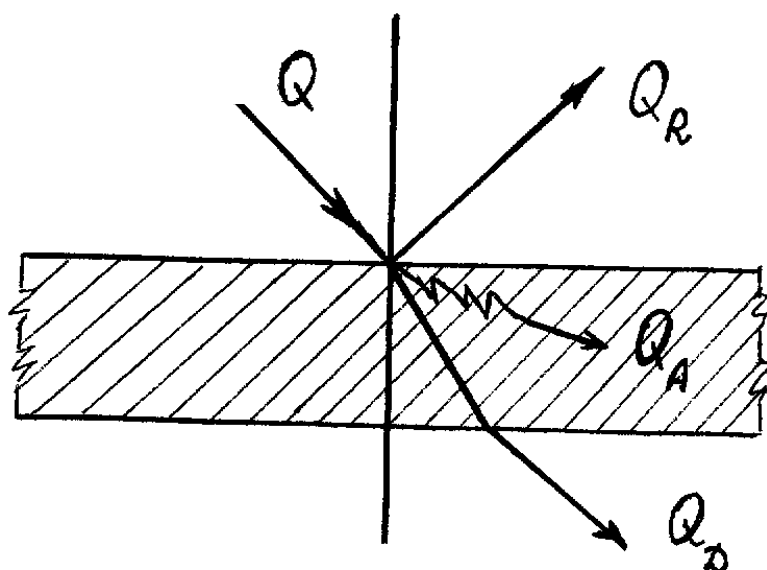
Жисмнинг бирлик сиртидан вақт бирлиги ичида барча тўлқин узунликтаги чиқарилган нурий энергия миқдори, нурланиш оқимининг юза зичлиги ёки нурланиш хусусияти дейилади ва Вт/м^2 билан белгиланади:

$$E = \frac{Q}{F \cdot \tau} \quad (13.1)$$

бу ерда: Q - нурий энергия миқдори, Ж ;

τ - нурланиш вақти, сек.;

F - нурланаётган сирт юзаси, м^2 .



13.1-расм.

Жисм сиртига тушган барча нурий энергия миқдори Q нинг бир қисми Q_A жисмга ютилади, бир қисми Q_R ундан қайтарилади, қолган қисми Q_D эса жисм орқали ўтиб кетади, (13.1-расм), яъни:

$$Q = Q_A + Q_R + Q_D$$

Жисмга тушаётган иссиқлик оқимининг тақсимланиши.

Бу тенгликнинг иккала қисмини Q га бўлсак ва

$$\frac{Q_A}{Q} = A, \frac{Q_R}{Q} = R, \frac{Q_D}{Q} = D$$

белгилаш киритсак, қуйидаги тенглик ҳосил бўлади:

$$A + R + D = 1 \quad (13.2)$$

A - жисмнинг ютиш хусусияти ёки коэффиценти;

R - жисмнинг қайтариш хусусияти ёки коэффиценти;

D - жисмнинг ўтказиш хусусияти ёки ўтказиш коэффиценти.

(13.2) - тенглик нурланиш энергияси иссиқлик балансининг тенгламаси дейилади.

Агар $A=1$ бўлса, у ҳолда жисм ўзига тушадиган нурий энергияни қайтармай ва ўтказиб юбормай ҳаммасини ютади. Бундай жисм абсолют қора жисм дейилади.

Агар $D=1$ бўлса, жисм ўзига тушган барча нурий энергияни қайтаради. Бундай жисм абсолют оқ жисм дейилади. Бунда агар нурий энергияни сиртга тушиш бурчаги кайтиш бурчагига тенг бўлса, жисмнинг сирти кузгу сирт дейилади.

Агар $D=1$ бўлса, у ҳолда жисм ўзига тушаётган нурларнинг ҳаммасини ўтказиб юборади ва абсолют тиниқ жисм дейилади.

Табиатда абсолют оқ, абсолют қора ва абсолют тиниқ жисмлар бўлмайди. Реал жисмлар оз ёки кўп даражада қора, оқ ва тиниқ бўлади. Масалан, сиртига сайқал берилган металллар учун $R=0,97$; нефть қуруми, қор ва муз учун $A=0,95$: $0,96$; икки атомли газлар O_2, N_2, H_2 учун $D \approx 1$

Ҳаво ҳам амалда тиниқ ҳисобланади, аммо ҳаво таркибида сув буғи ва карбонат ангидрид газми миқдори ошиши билан унинг тиниқлиги камаёди.

Кварц иссиқлик нурларини ўтказмайди, аммо ёруғлик ва ультрабинафша нурларини ўтказиши. Дераза ойнаси ёруғлик нурларини ўтказиб, ультрабинафша ва иссиқлик нурларини деярли ўтказмайди. Иссиқлик нурларини қаттиқ ва суюқ жисмлар деярли ўтказмайди, нурий энергиянинг ютилиши эса жисмнинг юза қисмида тугалланади (0.01 мм). Бу жисмларда нур тарқатиш ҳам юза қисмида содир бўлади.

Спектрал ютиш хусусияти ҳар қандай температурада тушаётган нурланишнинг тўлқин узунлигига боғлиқ бўлмаган жисмлар кул ранг жисмлар дейилади. Барча реал жисмлар учун A , R ва D коэффицентлар доимо бирдан кичик бўлади. Металларда ютиш коэффиценти температура ортиши билан ортади, металлмасларда эса камаяди.

Шуни таъкидлаш керакки иссиқлик нурларини ютиш ва қайтариш жисмнинг рангига боғлиқ бўлмасдан, жисм юзасининг ҳолатига боғлиқ бўлади. Оқ юза (газлама, бўёқ) фақат ёруғлик нуруни яхши қайтариб, иссиқлик нуруни эса бошқа жисмлар каби ютади.

13.2 ИССИҚЛИК НУРЛАНИШНИНГ АСОСИЙ ҚОНУНЛАРИ. КИРХГОФ ҚОНУНИ

Жисмнинг нурланиш (нур чиқариш) хусусиятининг ютиш хусусиятига нисбати жисмнинг табиатига боғлиқ эмас, балки барча жисмлар учун бир хил бўлган температура функциясидир: у абсолют қора жисмнинг шу температурадаги нурланиш хусусиятига тенг.

$$\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \dots = \frac{E_0}{A_0} = E_0(T) \quad (13.3)$$

Бу ерда $E_0(T)$ абсолют қора жисмнинг нурланиш хусусияти. Агар кул ранг жисм нурланиш юза зичлиги E ни бир хил температурада абсолют қора жисм нурланиш юза зичлиги E_0 га нисбатини кул ранг жисмнинг қоралик даражаси деб- ε билан белгиласак, Кирхгоф қонуни қуйидаги тенглик билан ифодаланади:

$$\frac{E}{E_0} = A = \varepsilon \quad (13.4)$$

Қора жисмлар учун $\varepsilon = 1$ ва кул ранг жисмлар учун $0 < \varepsilon < 1$ бўлади.

ПЛАНК ҚОНУНИ

Қора жисм нурланиши жадаллигини тўлқин узунлиги ва температурага боғлиқлиги квант назарияси асосида яратилган Планк қонунига кўра қуйидагича ифодаланади:

$$I_{0\lambda} = C_1 \frac{\lambda^{-5}}{e^{C_2/\lambda T_1}} \quad (13.5)$$

Бу ерда: $I_{0\lambda}$ - нурланиш жадаллиги, Вт/м³;

C_1 - ўзгармас катталик, $3,7 \cdot 10^{-16} \text{ Вт} \cdot \text{м}^2$;

C_2 -ўзгармас катталиқ, $0,0144 \text{ м} \cdot \text{к}$

Тўлқин узунлиги λ нинг λ_0 гача ортиши билан нурланиш энг юқори қийматгача ортиб боради ва сўнгра λ ортиши билан камайиб боради ва $\lambda = \infty$ бўлганда нолга тенг бўлади.

Температуранинг ортиши билан спектраль нурланиш ҳар қандай тўлқин узунлигида ҳам ортади.

СТЕФАН - БОЛЬЦМАН ҚОНУНИ

Абсолют қора жисм нурланишидаги тўлиқ энергия миқдори:

$$E_0 = \int_0^{\infty} I_{0\lambda} d\lambda = \int_0^{\infty} \frac{C_1 d\lambda}{\lambda^5 (e^{C_2/\lambda T_1} - 1)} \quad \text{ёки}$$
$$E_0 = \frac{6,494 C_1}{C_2^4} T^4 = G_0 T^4 \quad (13.6)$$

бу ерда: $G_0 = 5,77 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{к}^4)$ - Стефан доимийси абсолют қора жисмнинг нурланиш хусусияти унинг абсолют температурасининг тўртинчи даражасига тўғри пропорционал бўлади. Амалда (13.6) тенглама қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$E_0 = C_0 \left(\frac{T}{100}\right)^4 \quad (13.7)$$

бу ерда: $C_0 = 5,77 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{к}^4)$ - абсолют қора жисмнинг нурланиш ко-эффиценти.

Стефан- Больцман қонунини кул ранг жисмларга тадбиқ этиш мумкин. Қора жисмларда бўлгани сингари, кул ранг жисмларда ҳам нурланиш хусусияти абсолют температуранинг тўртинчи даражасига тўғри пропорционал бўлади:

$$E = C \left(\frac{T}{100}\right)^4 \quad (13.8)$$

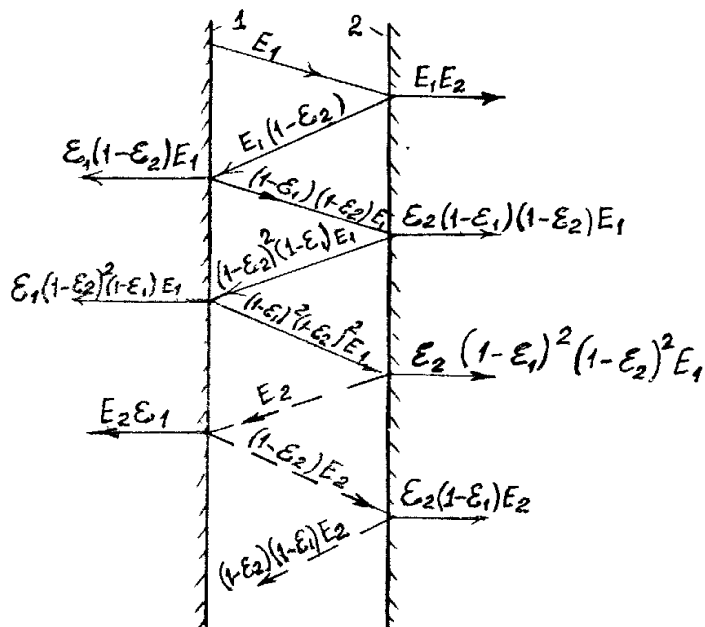
бу ерда: C - кул ранг жисмнинг нурланиши коэффиценти.

13.3 ЖИСМЛАР ОРАСИДА НУРИЙ ИССИҚЛИК АЛМАШИНУВИ

Нурий иссиқлик алмашинуви ниҳоятда мураккаблиги билан ажралиб туради ва жуда кўп омилларга боғлиқ. Энг оддий ҳоллардан бири, бир бирига параллел жойлашган ва тиниқ муҳит билан ажраладиган кул ранг пластиналар орасидаги нурий иссиқлик алмашинувини кўриб чиқамиз. Пластиналарнинг

ўлчами улар орасидаги масофадан анча катта бўлиб, биридан чиққан нур иккинчисига тўлиқ тушади.

Пластиналарнинг температураси, нурланиш оқимининг юза зичлиги ва қоралик даражаси мос равишда T_1 , E_1 , ε_1 ва T_2 , E_2 , ε_2 $T_1 > T_2$ деб фарз қиламиз. (13.2- расм).



13.2-расм.

Биринчи пластинадан чиққан нур тўлиқ иккинчи пластинага тушади, унинг бир қисми ютилиб, қолган $(1 - \varepsilon_2) E_1$ қисми эса биринчи пластинага қайтарилади ва бунда $(1 - \varepsilon_2) E_1$ қисми ютилиб, $(1 - \varepsilon_1) (1 - \varepsilon_2)$ қисми эса яна қайтарилади ва шу каби чексиз такрорланади.

У ҳолда ёзишимиз мумкин:

$$Q_{1-2} = E_1 F \varepsilon_2 - E_2 F \varepsilon_1$$

Стефан-Больцман қонунига кўра юза 1 дан юза 2 га узатилган нурий иссиқликнинг тўлиқ миқдори ушбу формуладан топилади:

$$Q_{1-2} = \varepsilon_1 \varepsilon_2 C_0 F \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] = C_{1-2} \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 F \quad (13.9)$$

бу ерда: C - иссиқлик алмашинувида иштирок этаётган жисмлар системасининг келтирилган нурланиш коэффициенти.

$$C_{1-2} = \frac{1}{\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_0} \right)} \quad (13.10)$$

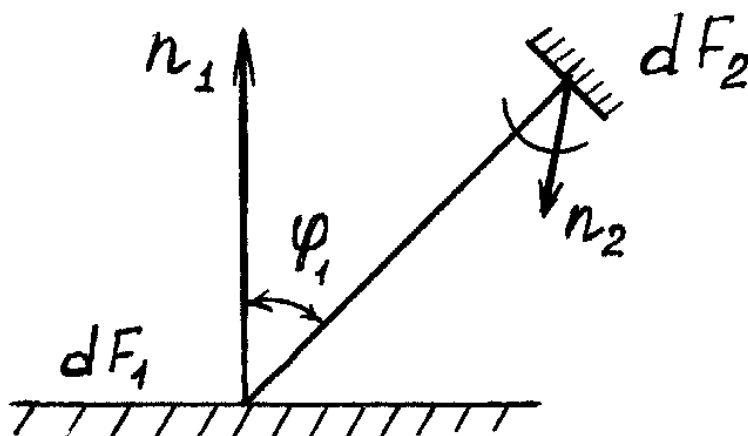
ёки

$$\varepsilon_{1-2} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)} \quad (13.11)$$

бу ерда: C_{1-2} жисмлар системасининг келтирилган қоралик даражаси.

Иккита ихтиёрий жойлашган жисмлар орасидаги нурий иссиқлик алмашинуви аналитик ифодасини келтириб чиқариш қийин ва қуйидаги формула ёрдамида аниқлаш мумкин:

$$Q_{1-2} = C_{1-2} \left[\left(-\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(-\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \int_{F_1} dF_1 \int_{F_2} \frac{\cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2}{\pi r^2} \cdot dF \quad (13.12)$$



13.3-расм.

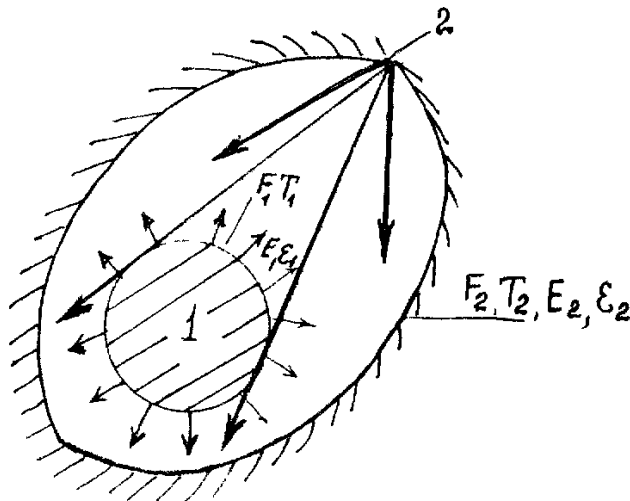
бу ерда:

$$\int_{F_1} dF_1 \int_{F_2} \frac{\cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2}{\pi r^2} \cdot dF - \text{нурланишнинг бурчак коэффиценти.}$$

У геометрик тавсифнома бўлиб, нурланаётган жисмларнинг шакли, ўлчами ва ўзаро жойлашишига боғлиқ. Бурчак коэффиценти хисоблаш оддий ҳолатлар учун ҳам қийин бўлгани учун, уни график усулда аниқланади. Техник масалаларни ечишда одатда бурчак коэффиценти қиймати жадваллардан олинади.

13.4 БИРИ ИККИНЧИСИНИ ИЧИДА ЖОЙЛАШГАН ЖИСМЛАР ОРАСИДА НУРИЙ ИССИҚЛИК АЛМАШИНУВИ

Техникада кўп ҳолларда бир жисм (I) иккинчи жисм (I) ичида жойлашган ҳолатдаги масалаларни ечишга тўғри келади (13.4 - расм).



13.4-расм.

Ички жисм сирти каварик (чукурча ҳосил қилмаган): ташқи жисм ички сирти ботик. F_1 ва F_2 - жисмлар сирти юзаси, $F_1 < F_2$, E_1 ва E_2 нурланиш юза зичлиги, T_1 ва T_2 жисмлар температураси ($T_1 > T_2$), E_1 ва E_2 - жисмлар қоралик даражаси. Биринчи ва иккинчи жисмлардан чиқаётган умумий энергия миқдори Q_1 ва Q_2 . У ҳолда иссиқлик алмашинуви натижасида берилган иссиқлик миқдори қуйидаги тенглик билан аниқланади:

$$Q_{1-2} = Q_1 - \varphi Q_2 \quad (a)$$

бу ерда: Q_1 - ички (биринчи) жисмга тушаётган энергиянинг улуши нурий энергиянинг қолган $(1 - \varphi) Q_2$ қисми биринчи жисмни четлаб, ўзининг сиртига тушади.

Ички жисмнинг самарали нурланиши ўзининг нурланиши $E_1 F_1$ шунингдек унга иккинчи жисмдан тушаётган ва биринчи жисм қайтараётган қисмидан иборат, яъни:

$$Q_1 = E_1 F_1 + (1 - \varepsilon_1) \varphi Q_2 \quad (б)$$

Иккинчи жисмнинг самарали нурланиши ўзининг нурланиши, $E_2 F_2$ унга тушаётган энергия Q_1 нинг қайтаётган қисми $(1 - \varphi) Q_2$ дан иборат, яъни:

$$Q_2 = E_2 F_2 + (1 - \varepsilon_2) Q_1 + (1 - \varepsilon_2)(1 - \varphi) Q_2 \quad (в)$$

(б) ва (в) тенгликларни биргаликда ечиб, қуйидагига эга бўламиз:

$$Q_1 = \frac{E_1 F_1 [\varepsilon_2 + (1 - \varepsilon_2) \varphi] + \varphi (1 - \varepsilon_1) E_2 F_2}{\varepsilon_2 + \varphi \varepsilon_1 (1 - \varepsilon_2)} \quad (г)$$

ва

$$Q_2 = \frac{E_2 F_2 + (1 - \varepsilon_2) E_1 F_1}{\varepsilon_2 + \varphi \varepsilon_1 (1 - \varepsilon_2)} \quad (д)$$

Q_1 ва Q_2 қийматларини (г) тенгликлардан (а) тенгликка қўямиз:

$$Q_{1-2} = \frac{1}{\varepsilon_2 + \varphi \varepsilon_1 (1 - \varepsilon_2)} (\varepsilon_2 E_1 F_1 - \varphi \varepsilon_1) E_2 F_2$$

Стефан-Больцман қонунига кўра E_1 ва E_2 ларни алмаштириб, қуйидагига эга бўламиз:

$$Q_{1-2} = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2 C_0}{\varepsilon_2 + \varphi \varepsilon_1 (1 - \varepsilon_2)} [F_1 \left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \varphi F_2 \left(\frac{T_2}{100}\right)^4]$$

ёки

$$Q_{1-2} = \frac{C_0}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \varphi \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1\right)} [F_1 \left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \varphi F_2 \left(\frac{T_2}{100}\right)^4] \quad (e)$$

Коэффициент φ жисмлар температурасига боғлиқ бўлмасдан, фақат уларнинг ўлчамлари ва ўзаро жойлашишига кўра аниқланади. У ҳолда $T_1 = T_2$ деб қабул килсак (e) тенгликдан φ ни аниқлаймиз.

T_1 ва T_2 бир хил бўлганда $Q_{1-2} = 0$ ёки Q_{1-2} ни топиш ифодаси қуйидагича бўлади:

$$Q_{1-2} = C_{1-2} \cdot [F_1 \left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \varphi F_2 \left(\frac{T_2}{100}\right)^4] \quad (13.13)$$

бу ерда: C_{1-2} - келтирилган нурланиш коэффициенти, қуйидагига тенг:

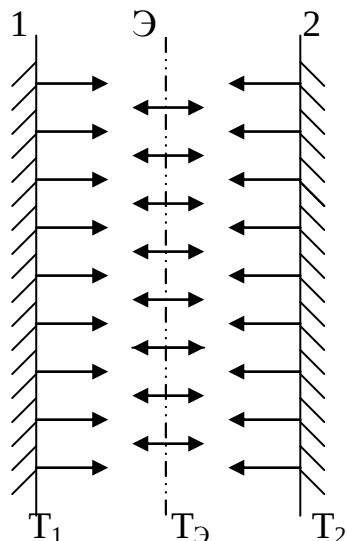
$$C_{1-2} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{F_1}{F_2} \left(\frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_0}\right)} \quad (13.14)$$

13.5 ЖИСМЛАР ОРАСИДА ЭКРАН БЎЛГАНДА НУРИЙ ИССИҚЛИК АЛМАШИНУВИ

Техниканинг турли соҳаларида нурий оқим билан иссиқлик узатилишини камайтириш талаб қилинади. Масалан, баъзи цехларда юқори температурали сиртлардан чиқаётган нурлардан ишчиларини химоя қилиш зарур бўлади. Бундай ҳолларда экран ўрнатилиши мумкин. Одатда экран юқори қайтариш хусусиятига ($A \rightarrow O : R \rightarrow 1$) эга бўлган юпқа металлдан тайёрланиши мумкин (13.5-расм).

Экран қўйилиши самарадорлигини аниқлаш учун, иккита ясси параллел девор сирти орасига экран қўйилган ҳолатдаги нурий иссиқлик алмашинувини кўриб чиқамиз. Экран ва девор сиртлари бир хил, девор температурали T_1 ва T_2 деворлар ва экраннинг нурланиш коэффициенти ўзаро тенг деб фараз қиламиз.

У ҳолда экрансиз сиртлар, биринчи сирт ва экран, экран ва иккинчи сирт орасидаги келтирилган нурланиш коэффициенти ўзаро тенг бўлади.



13.5-расм.

Экран бўлмаганда бир сиртдан иккинчи сиртга узатилаётган нурланиш оқимининг юза зичлиги қуйидагига тенг:

$$q_0 = C_{1-2} \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

Биринчи сиртдан экранга узатилаётган нурланиш оқимининг юза зичлиги қуйидагига тенг:

$$q_1 = C_{1-Э} \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_3}{100} \right)^4 \right]$$

Экрандан иккинчи сиртга эса:

$$C_{Э-2} \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] = C_{Э-2} \cdot \left[\left(\frac{T_3}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] =$$

барқарор мувозанат ҳолатда $q_1 = q_2$, ва

$$q_2 = C_{Э-2} \cdot \left[\left(\frac{T_3}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

бундан:

$$\left(\frac{T_Э}{100} \right)^4 = \frac{\left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 + \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]}{2}$$

Ҳосил бўлган экран температурасини исталган тенгликка қўйиб, қуйидагига эга бўламиз:

$$q_{1-2} = C_{1-2} \cdot \frac{\left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]}{2}$$

(а) ва (е) тенгликларни таққосласак, қабул қилинган шартларда битта экран ўрнатилиши нурий иссиқлик беришни икки марта камайтиради:

$$q_{1-2} = \frac{g_0}{2}$$

Шунингдек иккита экран ўрнатилиши нурий иссиқлик беришни уч марта ва n та экран ўрнатилиши $(n+1)$ марта камайтиради. Экран ўрнатиш самарадорлиги қоралик даражаси кичик материалдан экран ишлатилганда жуда катта бўлади. Масалан, ясси параллел қоралик даражаси $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon = 0.8$ бўлган (оксидланган темир) системада қоралик даражаси $\varepsilon_3 = 0.05$ (сайқалланган алюминий) бўлган битта экран ўрнатилган бўлса:

$$q_{(1,2)\varepsilon} = \frac{\frac{2}{\varepsilon} - 1}{2\left(\frac{1}{\varepsilon} + \frac{1}{\varepsilon_3}\right)} q_{1,2} = \frac{\frac{2}{0,8} - 1}{2\left(\frac{1}{0,8} + \frac{1}{0,05}\right)} q_{1,2} = 0,037 q_{1,2}$$

нурий иссиқлик оқими зичлиги 27 баробар камаяди.

13.6 ГАЗ ВА БУҒЛАРНИНГ НУРЛАНИШИ

Турли газларнинг нурланиш (нур чиқариш) ва нур ютиш хусусиятлари турлича бўлади. Масалан, бир ва икки атомли газлар (водород, кислород, азот, гелий ва бошқалар) иссиқлик нурларини амалда ўтказди. Уч ва кўп атомли газлар (карбонат ангидрид, сув буғи, аммиак ва бошқалар) нинг нурланиш ва нур ютиш хусусиятлари анча кучли бўлиб, бундан амалда кенг фойдаланилади. Ёқилғи ёнишидан ҳосил бўладиган уч атомли газларнинг юқори температураларда нурланиши иссиқлик алмашинуви қурилмаларини ишлатишда муҳим аҳамиятига эга.

Агар қаттиқ жисмлар нур энергиясини фақат сиртига ютса ва сиртидан нурлантирса, газлар бутун ҳажмига ва тўлқин узунлигининг муайян интервалидаги нурларнигина ютади ва чиқаради. Шундай қилиб, уларнинг нурланиш ва ютиш спектрлари танловчи характерда бўлади. Спектрнинг кўпчилик қисмида газлар иссиқлик нурларини ўтказди.

СИНОВ САВОЛЛАРИ:

1. Нурий иссиқлик алмашинуви.
2. Киррхгоф қонуни.
3. Стефан – Больцман қонуни.
4. Жисмлар орасидаги нурий иссиқлик алмашинуви.
5. Газ ва буғларнинг нурланиши.
6. Нурланиш.
7. Планк қонуни.
8. Бири иккинчисини ичида жойлашган жисмлар орасида иссиқлик алмашинуви.
9. Жисмлар орасида экран бўлганда нурий иссиқлик алмашинуви.
10. Нурланишнинг бурчак коэффициенти.

ТАЯНЧ ИБОРАЛАР

Нурий иссиқлик алмашинуви, электр магнитавий тўлкинлар, иссиқлик нурланиши, абсолют қора жисм, абсолют оқ жисм, абсолют тиниқ жисм, кул ранг жисм, Кирхгоф қонуни, Планк қонуни, Стефан – Больцман қонуни, қоралик даражаси, нурланиш коэффициенти.

14 - МАЪРУЗА. ИССИҚЛИК УЗАТИШ

РЕЖА:

14.1 Асосий тушунчалар.

14.2 Ясси девор орқали иссиқлик узатиш.

14.3 Цилиндрик девор орқали иссиқлик узатиш.

14.4 Иссиқлик изоляциясининг критик диаметри.

14.5 Иссиқлик узатишни жадаллаштириш.

АДАБИЁТЛАР

1. Нашокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача М., 1980. 326-338 б.
2. Ларигов Н.Н. Теплотехника. М., 1986 й. 274-285 б.
3. Асраев Р.А., Эфендиев А.М., Сафаров Р.Т. Иссиқлик техникаси. Бухоро 2001 й. 154-167 б.

14.1 АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР

Иссиқликнинг иссиқ муҳитдан (газ ёки суюқлик) совиқ муҳитга улар орасидаги ажратувчи қаттиқ девор орқали берилиши иссиқлик узатиш дейилади.

Олдинги бобларда кўриб чиқилган иссиқликнинг иссиқлик ўтказувчанлик, конвекция ва нурий берилиши саноатда қўлланиладиган иссиқлик алмашинув қурилмаларида девор орқали иссиқлик узатиш жараёнининг бир қисми ҳисобланади.

Иссиқлик узатишга қуйидагиларни мисол келтириш мумкин: буғ қозонида тутун газларидан сувга иссиқлик, қайнатувчи қувур девори орқали узатилади ёки қизитадиган асбоб девори орқали иссиқ сувдан ёки буғдан хона ҳавосига иссиқлик узатилади.

Бу қурилмаларда иссиқлик ташувчилар ўртасидаги иссиқлик алмашинуви процесси асосий иш процесси ҳисобланиб, девор иссиқлик ўтказгич бўлиб хизмат қилади ва иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти юқори бўлган материалдан тайёрланади.

Иссиқлик йўқотилишини камайтириш талаб қилинганда девор яхши изоляция хусусиятига эга бўлган, яъни иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти кам бўлган материалдан тайёрланади.

Иссиқлик ўтказишни ҳисоблашда бирлик вақт ичида ажратувчи девор орқали иссиқлик ташувчилар орасидаги узатилган иссиқлик миқдори аниқланади.

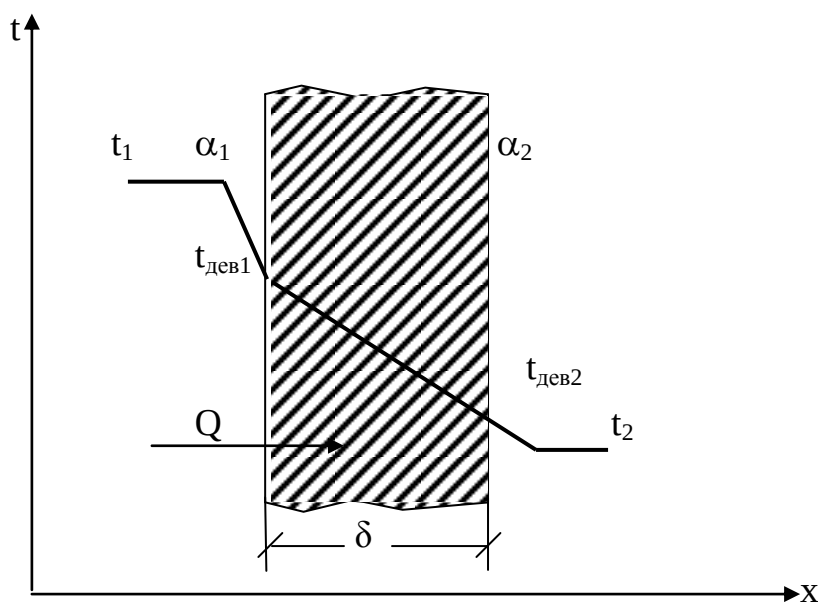
Ёки берилган иссиқлик миқдорини иссиқ муҳитдан совиқ муҳитга узатиш учун талаб қилинадиган сирт юзаси аниқланиши мумкин.

Бундан ташқари деворларни конструкциялашда ҳар бир қатлам сиртидаги температуралар ҳам ҳисобланади.

Деворлар ҳар-хил, яъни ясси, цилиндрик, шарсимон, қовурғасимон ва бошқа шаклларда бўлиши мумкин.

14.2 ЯССИ ДЕВОР ОРҚАЛИ ИССИҚЛИК УЗАТИШ

Температураси t_1 бўлган иссиқ муҳитдан температураси t_2 бўлган совиқ муҳитга қалинлиги δ , иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти λ бўлган бир қатламли ясси девор орқали иссиқлик узатиш жараёнини кўриб чиқамиз.



14.1-расм.

Қалинлиги δ , иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти λ бўлган бир қатламли ясси девор орқали температураси t_1 бўлган иссиқ муҳитдан температураси t_2 бўлган совиқ муҳитга иссиқлик узатиш жараёнини кўриб чиқамиз. Бунда иситувчи муҳитдан иситилаётган муҳитга девор орқали ўтадиган иссиқлик оқими Q ва девор сиртларининг температуралари t_{dev1} ва t_{dev2} ни аниқлаш талаб этилади.

Иссиқлик узатиш мураккаб жараён бўлиб, бунда иссиқлик барча усулларда яъни, иссиқлик ўтказувчанлик, конвекция ва нурланиш усулида узатилади. Бу иссиқлик узатиш жараёни уч қисмдан иборат бўлади. Биринчи қисм - иссиқликни конвекция усулида иссиқ муҳитдан деворга берилиши. Конвекция бир вақтнинг

Ўзида иссиқлик ўтказувчанлик ва нурланиш билан бирга кузатилади. Иккинчи қисм - девор орқали иссиқлик ўтказувчанлик. Учинчи қисм - иссиқликни конвекция усулида иккинчи сиртдан совиқ муҳитга берилиши. Бу жараёнда ҳам конвекция, иссиқлик ўтказувчанлик ва нурланиш билан бирга кузатилади.

Иссиқ муҳитдан деворга конвектив иссиқлик алмашилиши усулида бериладиган иссиқлик миқдори Ньютон-Рихман қонунига кўра қуйидаги тенгликдан топилади:

$$Q = \alpha_1 F (t_1 - t_{\text{dev}1}) \quad (14.1)$$

бу ерда: α_1 - иссиқ муҳитдан девор сиртига иссиқлик бериш коэффициентини;

F - ясси сирт юзаси;

Иссиқлик ўтказувчанлик усулида ясси девор орқали ўтадиган иссиқлик оқими қуйидаги тенгликдан топилади:

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} F (t_{\text{dev}1} - t_{\text{dev}2}) \quad (14.2)$$

Деворнинг иккинчи сиртидан совиқ муҳитга иссиқликнинг конвектив усулда берилиши Ньютон -Рихман формуласига кўра топилади:

$$Q = \alpha_2 F (t_{\text{dev}2} - t_2) \quad (14.3)$$

бу ерда α_2 - деворнинг иккинчи сиртидан совиқ муҳитга иссиқлик бериш коэффициентини.

Барқарор режимда (14.1), (14.2) ва (14,3) тенгликларидаги иссиқлик оқими Q бир хил бўлади. Бу уч тенгликни температуралар фаркига кўра ечиб қуйидагига эга бўламиз:

$$\left. \begin{aligned} t_1 - t_{\text{dev}1} &= \frac{Q}{\alpha_1 F} \\ t_{\text{dev}1} - t_{\text{dev}2} &= \frac{\delta Q}{\lambda F} \\ t_{\text{dev}2} - t_2 &= \frac{Q}{\alpha_2 F} \end{aligned} \right\}$$

Бу тенгликларни бир-бирига қўшиб, тўлиқ температура босимини оламиз:

$$t_1 - t_2 = \frac{Q}{F} \left[\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right] \quad (14.4)$$

бундан иссиқлик оқимининг катталигини топамиз:

$$Q = \frac{F(t_1 - t_2)}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (14.5)$$

ёки иссиқлик оқимининг зичлиги:

$$q = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

(14.5) тенгликдаги $\frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$ катталиқ K ҳарфи билан белгиланиб, Вт/(м²к) да

ўлчанади ва иссиқлик узатиш коэффициентини дейилади.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (14.6)$$

у ҳолда $Q = KF(t_1 - t_2)$ ёки $q = K(t_1 - t_2)$ (14.7)

Ҳосил қилинган (14.7) тенглик иссиқлик узатишнинг асосий тенгламаси дейилади.

Иссиқлик узатиш коэффициентини сон жиҳатдан бир бирлик девор сиртидан температуралари фарқи 1° бўлган иссиқ муҳитдан совиқ муҳитга узатиладиган иссиқлик оқимининг қийматига тенг бўлади.

Иссиқлик узатиш коэффициентига тескари катталиқ иссиқлик узатилишининг термик қаршилиги дейилади:

$$R = \frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (14.8)$$

бу ерда: $\frac{1}{\alpha_1}$ ва $\frac{1}{\alpha_2}$ - ташқи термик қаршилиқ;

$\frac{\delta}{\lambda}$ - деворнинг ички термик қаршилиги.

Кўп қатламли ясси девор орқали иссиқлик узатилганда ҳар бир қатламнинг термик қаршилиги қўшиб ҳисобланади:

$$R = \frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}$$

у ҳолда кўп қатламли ясси девор учун иссиқлик узатиш коэффициентини қуйидаги тенгликдан топилади:

$$K = \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (14.9)$$

Кўп қатламли ясси девор учун (14.7) тенгликка кўра иссиқлик узатиш тенгламасини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$Q = \frac{F(t_1 - t_2)}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}; \quad q = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}; \quad (14.10)$$

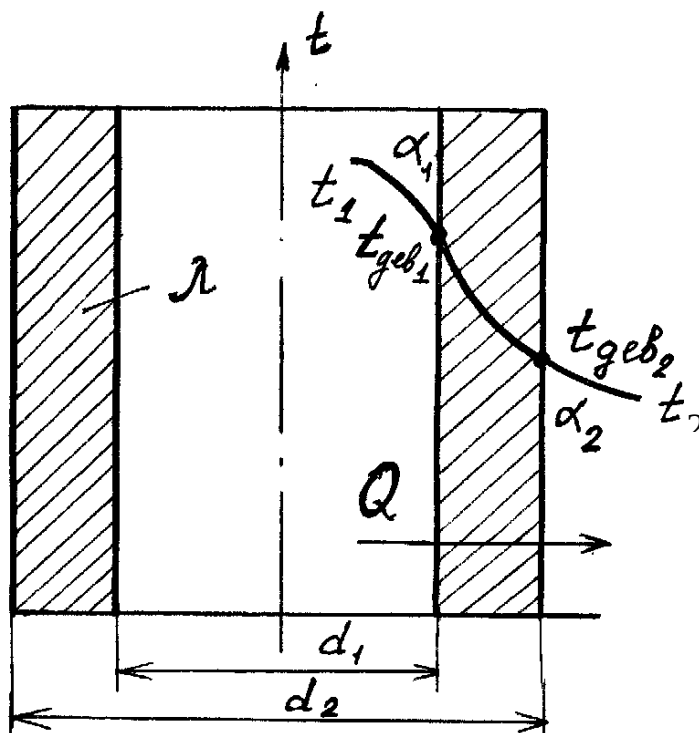
Ясси девор сиртидаги температуралар куйидаги формулалар ёрдамида аниқланади:

$$\left. \begin{aligned} t_{\text{дес1}} &= t_1 - \frac{Q}{\alpha_1 F} \\ t_{\text{дес2}} &= t_{\text{дес1}} - \frac{\delta Q}{\alpha_2 F} \\ t_{\text{дес2}} &= t_2 + \frac{Q}{\alpha_2 F} \end{aligned} \right\} \quad (14.11)$$

14.3 ЦИЛИНДРИК ДЕВОР ОРҚАЛИ ИССИҚЛИК УЗАТИШ

Иссиқ муҳитдан совиқ муҳитга цилиндрик девор орқали узатилаётган иссиқлик миқдори ясси девор учун топилган услубда топилади.

Айтайлик, диаметри узунлигидан жуда кичик бўлган қувур ичидан иссиқ суюқлик ёки газ ўзгармас t_1 температурада ҳаракат қилсин. қувур атропоидаги совиқ муҳитнинг температураси ўзгармас ва t_2 га тенг бўлсин (14.2-расм).



14.2-расм.

Қувур девори бир қатламли бўлиб, иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини λ , ички диаметри d_1 ташқи диаметри d_2 га тенг. Иссиқ муҳитнинг деворга

иссиқлик бериш коэффициенти α_1 ва девор сиртидан совиқ муҳитга иссиқлик бериш коэффициенти α_2 . Девор сиртларининг номаълум температуралари $t_{\text{дев1}}$ ва $t_{\text{дев2}}$.

Барқарор режимда иссиқ муҳитдан девор сиртига бериладиган, девор орқали ўтадиган ва девор сиртидан совиқ муҳитга бериладиган иссиқлик оқими ўзгармас ва бир-бирига тенг бўлади. У ҳолда иссиқлик оқими учун қуйидаги учта тенгликни ёзишимиз мумкин:

$$\left. \begin{aligned} Q &= \alpha_1 \pi d_1 l (t_1 - t_{\text{дев1}}) \\ Q &= \frac{\pi l}{\left(\frac{1}{2\lambda}\right) \ln \frac{d_2}{d_1}} (t_{\text{дев1}} - t_{\text{дев2}}) \\ Q &= d_2 \pi l d_2 (t_{\text{дев2}} - t_2) \end{aligned} \right\} \quad (14.12)$$

Бу тенгликлар системасини температуралар фарқига кўра ечиб ва қўшиб қуйидаги тенгликни ҳосил қиламиз:

$$Q = \frac{\pi l (t_1 - t_2)}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}} \quad (14.13)$$

бу ерда:

$$\frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}} = K_u$$

чизиқли иссиқлик узатиш коэффициенти дейилади ва бирлиги $\left[\frac{Вт}{м \cdot К}\right]$ бўлади.

Цилиндрик девор орқали узатилаётган иссиқлик оқимининг зичлиги:

$$q_u = \frac{Q}{l} = K_u \pi (t_1 - t_2)$$

Чизиқли иссиқлик узатиш коэффициентининг сон қиймати 1 м узунликдаги қувурдан температуралари фарқи 1° бўлган иссиқ муҳитдан совиқ муҳитга узатиладиган иссиқлик оқимининг қийматига тенг бўлади. Шунинг учун (14.12) тенгликни қуйидагича ёзишимиз керак:

$$Q = K_u \pi l (t_1 - t_2) \quad (14.14)$$

Кўп қатламли цилиндрик девор орқали иссиқлик узатилганда , иссиқлик оқими қуйидаги тенгликдан топилади:

$$Q = \frac{\pi l(t_1 - t_2)}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda_i} \cdot \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 d_{n+1}}} \quad (14.15)$$

Деворнинг ички ёки ташқи сиртига қаратилган иссиқлик оқимининг зичлиги қуйидаги тенгламалар ёрдамида топилади:

$$q_{y1} = \frac{Q}{\pi d_1 l} = \frac{K_y}{d_1} (t_1 - t_2) \quad q_{y2} = \frac{Q}{\pi d_2 l} = \frac{K_y}{d_2} (t_1 - t_2)$$

Чизиқли иссиқлик узатиш коэффициентига тескари бўлган $1/K_c$ катталиқ, цилиндрик девор орқали умумий чизиқли термик қаршилик дейилади:

$$R_y = \frac{1}{K_y} = \frac{1}{\alpha_1 d_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda_i} \cdot \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 d_{n+1}} \quad (14.16)$$

бу ерда: $\frac{1}{\alpha_1 d_1}$ ва $\frac{1}{\alpha_2 d_{n+1}}$ ташқи термик қаршилик;

$\sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda_i} \cdot \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}$ кўп қатламли цилиндрик деворнинг ички термик қаршилиги;

R_c – нинг бирлиги $[\frac{(M \cdot K)}{Bm}]$

Ички сиртнинг температураси қуйидаги формула билан аниқланади:

$$t_{\partial e \partial 1} = t_1 - \frac{Q}{\alpha_1} \cdot \pi l d_1 \quad (14.17)$$

Ташқи сиртнинг температураси:

$$t_{\partial e \partial 2} = t_2 - \frac{Q}{\alpha_2} \cdot \pi l d_{n+1} \quad (14.18)$$

14.4 ИССИҚЛИК ИЗОЛЯЦИЯСИНИНГ КРИТИК ДИАМЕТРИ

Атроф муҳитга иссиқлик йўқотилишини камайтирадиган, ҳар қандай иссиқ сирт қопламаси – иссиқлик изоляцияси дейилади.

Иссиқлик изоляцияси сифатида – асбест, пўкак, слюда, пенобетон, жун, шишали момик ва шунга ўхшаш бошқа иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти паст бўлган материаллар ишлатилади.

Айтайлик, цилиндрик девор бир қатламли изоляция билан қопланган. Изоляция қалинлиги ўзгарганда α_1 , α_2 , d_1 , d_2 , λ_1 , λ_2 , t_1 ва t_2 ўзгармас бўлиб, тўлиқ термик қаршилик қуйидагига тенг:

$$R_y = \frac{1}{K_y} = \frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda_1} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\lambda_2} \cdot \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{\alpha_2 d_3}$$

Изоляциянинг ташқи диаметри d_3 ортиши билан изоляция қатламининг қаршилиги $(\frac{1}{2\lambda_2} \cdot \ln \frac{d_3}{d_2})$ ҳам ортади, лекин бир вақтда изоляция ташқи сиртининг иссиқлик бериш қаршилиги $\frac{1}{\alpha_2 d_3}$ камаяди.

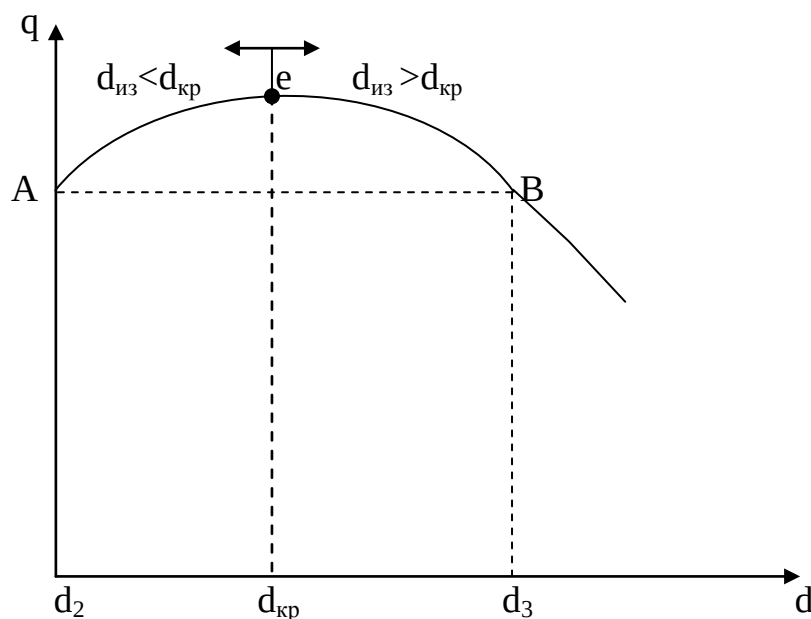
Тенгламанинг ўнг томонидаги биринчи катталикдан d_3 бўйича ҳосила олиб ва Q га тенглаштириб, қуйидагига эга бўламиз.

$$\frac{d(K_y)}{d(d_3)} = \frac{1}{2\lambda_2 d_3} - \frac{1}{d_2 d_3^2} = 0 \quad \text{бундан}$$

$$\frac{1}{2\lambda_2 d_3} = \frac{1}{d_2 d_3^2}; \quad d_{кр} = d_{из} = \frac{2\lambda_2}{\alpha_2} \quad (14.19)$$

Формуладан кўриниб турибдики, изоляциянинг критик диаметри $d_{кр}$ қувурнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти қанчалик кичик ва изоляциянинг ташқи сиртидан атроф - муҳитга иссиқлик бериш коэффиценти α_2 қанчалик катта бўлса, шунчалик кичик бўлади.

K_u дан олинган иккинчи ҳосила Q дан катта бўлади. Шунинг учун критик диаметрда иссиқлик қаршилиги энг кичик, иссиқлик оқими эса энг катта қийматга эришади. (14.3-расм).



14.3-расм.

(14.19) тенгламага кўра агар изоляциянинг ташқи диаметри $d_{из} = d_{кр}$ бўлса атроф - муҳитга иссиқлик йўқотилиши максимал қийматга эришади. K (нукта) ва изоляциланмагандаги қийматига тенг бўлади.

Агар d ортса, лекин $d_{кр}$ дан кичик бўлса иссиқлик йўқотилиши ортади (АК чизик).

Агар изоляциянинг ташқи диаметри ортиб борса $d_{из} \rightarrow d_{кр}$ иссиқлик йўқотилиши камайиб боради (КВ).

Демак изоляциянинг яхши натижа бериши учун критик диаметр – изоляциланмаган қувур диаметридан кичик бўлиши керак $d_{кр} < d_2$ ёки изоляция материалнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти қуйидагича бўлиши керак:

$$\lambda \leq \frac{\alpha_2 d_2}{2} \quad (14.20)$$

14.5 ИССИҚЛИК УЗАТИШНИ ЖАДАЛЛАШТИРИШ

Иссиқлик қурилмаларини амалда ишлатиш иссиқ муҳитдан совиқ муҳитга иссиқлик узатилишини яхшилаш шароитларини талаб қилади. Бу шароит асосан иссиқлик узатиш коэффициентига боғлиқ.

Барча иссиқлик узатиш термик қаршиликлари нисбатларининг таҳлили иссиқлик узатиш жараёнини тадқиқот қилиш ва иссиқлик оқими қийматини сезиларли ўзгартириш имконини беради.

Иссиқлик узатишни жадаллаштиришни икки усулни кўриб чиқамиз:

а) иссиқлик бериш коэффициенти K ни ошириш ҳисобига.

Иссиқлик узатишнинг асосий тенгламаси:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

деворнинг термик қаршилиги жуда кичик деб фараз қиламиз, яъни

$$\lim \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0 \quad \text{ва}$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{\alpha_1}{1 + \frac{\alpha_1}{\alpha_2}} = \frac{\alpha_2}{1 + \frac{\alpha_2}{\alpha_1}}$$

$$\alpha_1 \ll \alpha_2, \quad \text{яъни} \quad \alpha_2 \rightarrow \infty \quad \text{булганда} \quad K \approx \alpha_2$$

$$\alpha_2 \ll \alpha_1, \quad \text{яъни} \quad \alpha_1 \rightarrow \infty \quad \text{булганда} \quad K \approx \alpha_1$$

ҳамма вақт $K < \alpha_{\min}$. Демак, катта қийматга эга бўлган α ни (яъни α_1 биринчи ҳолда, α_2 иккинчи ҳолда) ўзгартириш иссиқлик узатиш коэффициентини деярли ўзгартирмайди.

Иссиқлик бериш коэффициентини ошириш учун, яъни иссиқлик беришни жадаллаштириш учун кичик қийматга эга бўлган α ни ошириш зарур бўлади. Агар $\alpha_1 \approx \alpha_2$ бўлса, K қийматини исталган α ни ҳисобига ошириш мумкин.

Мисол кўриб чиқамиз.

Буг қозони ўтхонасидаги газлардан деворга иссиқлик бериш коэффициенти $\alpha_1 = 30 \frac{Вт}{м \cdot К}$, девордан қайнаётган сувга иссиқлик бериш коэффициенти $\alpha_2 = 5000$

$\frac{Вт}{м \cdot К}$, пўлат деворнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти $\lambda = 50 \frac{Вт}{м \cdot К}$

қалинлиги $\delta = 20$ мм. Девор ясси деб фараз қиламиз. У ҳолда:

$$K = \frac{1}{1/30 + 0,02/50 + 1/5000} = 2,95 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

Агар иссиқлик узатиш коэффициентини ошириш учун девордан сувга иссиқлик бериш шароити яхшиланса (α_2 қиймати оширилса) ёки иссиқлик ўтказувчанлиги яхшироқ бўлган юпқа девор ишлатилса K ни сезиларли ўзгартириб бўлмайди. Агар ўтхона газларидан деворга иссиқлик бериш яхшиланса (α_1 қиймати оширилса) K қиймати ҳам сезиларли ошади.

Фараз қилайлик $\alpha_2 = 10000 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$ га ошди, у ҳолда:

$$K = \frac{1}{1/30 + 0,02/50 + 1/10000} = 29,6 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

ёки $\alpha_1 = 60 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$ ошди, у ҳолда:

$$K = \frac{1}{1/60 + 0,02/50 + 1/5000} = 57,9 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

Демак кичкина қийматга эга бўлган α ни ошириш натижасида K ҳам анча ошди ва унинг қиймати кичик α қийматидан ҳам кам бўлди.

б) Деворни қавариксимон қилиш ҳисобига.

$Q = KF(t_1 - t_2)$ тенгликдан барча сиртлар учун термик қаршилиқни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$R = \frac{1}{KF} = \frac{1}{\alpha_1 F_{ички}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i F_i} + \frac{1}{\alpha_2 F_{ташки}} \quad (14.21)$$

Белгилаш киритамиз.

$$R_1 = \frac{1}{\alpha_1 F_{ички}} ; \quad R_2 = \frac{1}{\alpha_2 F_{таиқи}} \quad (14.22)$$

(14.21) тенглик таҳлилидан кўринадикки қавариқсимон сирт юзасини қуйидаги қийматгача ошириш маънога эга:

$$\alpha_1 F_{ички} = \alpha_2 F_{таиқи}$$

Қавариқсимон деворлар техникада иссиқлик беришни жадаллаштириш мақсадида иссиқлик алмашинуви қурилмаларида кенг ишлатилади.

Масалан иситиш асбобларини (радиатор, конвектор) ташқи сирти қавариқсимон қилинади, чунки сиртдан ҳавога иссиқлик бериш коэффициенти

$(\alpha_2 = 2-60 \frac{Вт}{м^2 \cdot К})$ иссиқ сувдан деворга иссиқлик бериш коэффициентидан

$(\alpha_1 = 2500 - 6000 \frac{Вт}{м^2 \cdot К})$ анча кичик.

СИНОВ САВОЛЛАРИ:

1. Иссиқлик узатиш нима ?
2. Ясси девор орқали иссиқлик узатиш.
3. Цилиндрик девор орқали иссиқлик узатиш.
4. Иссиқлик узатиш коэффициенти.
5. Иссиқлик узатиш қаршилиги.
6. Изоляция материаллари.
7. Иссиқлик узатишни жадаллаштириш.
8. Кўп қатламли ясси девор орқали иссиқлик узатиш.
9. Иссиқлик узатиш коэффициентини аниқлаш.
10. Иссиқлик изоляциясининг критик диаметри.

ТАЯНЧ ИБОРАЛАР

Иссиқлик узатиш, иссиқлик узатиш коэффициенти, термик қаршилик, иссиқлик изоляцияси, критик диаметр, конвекция, нурланиш, иссиқлик ўтказувчанлик, иссиқлик оқими, чизиқли иссиқлик узатиш коэффициенти.

15 – МАЪРУЗА. ИССИҚЛИК АЛМАШИНУВ АППАРАТЛАРИ

РЕЖА:

15.1 Асосий тушунчалар.

15.2 Иссиқлик алмашинув аппаратларини ҳисоблаш методикаси.

15.3 Ўртача температуралар фарқи.

АДАБИЁТЛАР

1. Нашокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача М., 1980. 424-432 б.
2. Ларионов Н.Н. Теплотехника. М., 1986 й. 285-294 б.
3. Асраев Р.А., Эфендиев А.М., Сафаров Р.Т. Иссиқлик техникаси. Бухоро 2001 й. 169-173 б.

15.1 АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР

Иссиқлик ташувчини қиздириш ёки совитиш учун мўлжалланган қурилма иссиқлик алмашинув аппарати дейилади. Иссиқлик ташувчи сифатида суюқлик ёки газ ишлатилади.

Иссиқлик алмашинув аппаратларини ишлаш принципига кўра рекўператив, регенератив ва аралаштиргичли аппаратларга бўлиш мумкин.

Регенератив иссиқлик алмашинув аппаратларида битта иситилиш сиртининг ўзи гоҳ қайноқ, гоҳ совиқ иссиқлик ташувчи билан ювилиб туради. Дастлаб регенератор каналларидан қизиган иссиқлик ташувчи юборилади ва регенераторнинг иситиш сирти қизийди. Сўнгра совиқ иссиқлик ташувчи юборилади ва қизиган сирт иссиқлигини унга беради.

Регенератив иссиқлик алмаштиргичлар металлургия, шиша пишириш ва шунга ўхшаш қизиган ҳаво бериладиган бошқа печларда ишлатилади.

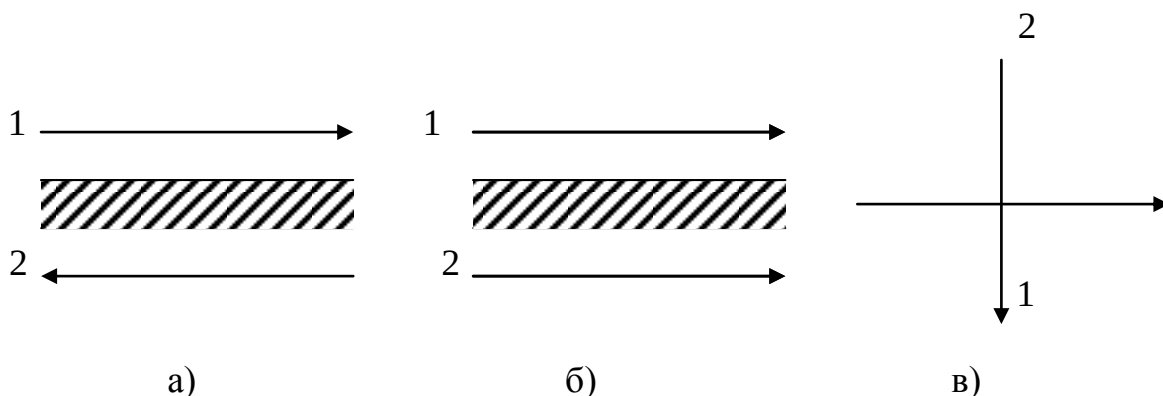
Аралаштиргичли иссиқлик алмаштиргичларда иссиқлик алмашинуви қизиган ва совиқ иссиқлик ташувчиларнинг бир-бирига бевосита тегиши ва аралашishi йўли билан амалга оширилади.

Аралаштирувчи иссиқлик алмашинув аппаратларига градириялар, скрубберлар ва бошқа қурилмалар киради.

Рекўператив иссиқлик алмашинув аппаратларида иссиқлик иситувчи иссиқлик ташувчидан иситиладиган иссиқлик ташувчига ажратгич девор орқали

узатилади. Бундай аппаратларга буғ генераторлари, буғ қиздиргичлари, сув иситгичлари, ҳаво иситгичлари ва турли хил буғлатиш аппаратлари киради.

Рекўператив иссиқлик алмашинув аппаратлари техникада энг кўп қўлланилади. Уларда суюқликнинг ҳаракати асосан уч хил схемада амалга оширилади.



15.1 - расм.

Тўғри оқимли иссиқлик алмашинув аппаратида совиқ ва қайноқ иссиқлик ташувчилар бир йўналишда бир-бирига параллел равишда оқади (15.1-расм, а).

Қарши оқимли аппаратда иссиқлик ташувчилар бир-бирига параллел, лекин қарама-қарши йўналишда оқади (15.1-расм, б).

Кўндаланг оқимли аппаратда иссиқлик ташувчилар перпендикуляр йўналишда оқади (15.1-расм, в).

15.2 ИССИҚЛИК АЛМАШИНУВ АППАРАТЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ МЕТОДИКАСИ

Янги иссиқлик алмашинув аппаратларини лойиҳалашда қуйидаги катталикларни топишга тўғри келиши мумкин:

1. Қайноқ иссиқлик ташувчидан совиқ иссиқлик ташувчига узатиладиган иссиқлик миқдорини таъминлайдиган, қизиган сирт юзаси F ;
2. Юза F маълум бўлганда, иссиқ муҳитдан совиқ муҳитга узатиладиган иссиқлик миқдори Q ;
3. Q ва F маълум бўлганда иссиқлик ташувчиларнинг охириги температуралари.

Барқарор ҳолатда иссиқлик алмашинувини ҳисоблашда иссиқлик узатиш ва иссиқлик баланси тенгламалари асосий ҳисобланади.

$$Q = KF(t_1 - t_2) \quad (15.1)$$

бу ерда: Q -иссиқлик оқими, Вт;

K -ўртача иссиқлик узатиш коэффиценти, Вт/ м² гр;

F - иссиқлик алмашинув сирти юзаси, м² ;

t_1 ва t_2 - иссиқ ва совиқ иссиқлик тушувчилар температураси, °С.

Иссиқлик йўқотилиши ва агрегат ҳолатлар ўзгариши бўлмаганда иссиқлик баланси тенгламаси:

$$Q = M_1 C_1 (t_1' - t_1'') = M_2 C_2 (t_2'' - t_2') \quad \text{ёки} \quad (15.2)$$

$$Q = V_1 \rho_1 C_1 (t_1' - t_1'') = V_2 \rho_2 C_2 (t_2'' - t_2') \quad \text{ёки}$$

$$Q = W_1 (t_1' - t_1'') = W_2 (t_2'' - t_2')$$

бу ерда: $W = V \rho C$ - муҳитнинг сувли эквиваленти;

M_1, V_1, ρ_1, C_1 - иссиқ муҳитнинг массаси, ҳажми, зичлиги ва иссиқлик сиғими;

M_2, V_2, ρ_2, C_2 - совиқ муҳитнинг массаси, ҳажми, зичлиги ва иссиқлик сиғими;

t_1' ва t_1'' - иссиқ муҳитнинг бошланғич ва охири температураси;

t_2' ва t_2'' - совиқ муҳитнинг бошланғич ва охири температураси.

Иссиқлик алмашинув аппаратларида иссиқ ва совиқ муҳитларнинг температуралари ўзгармасдан қолмайди, шунинг учун (15.1) тенгламани фақат дифференциал кўринишда қўллаш мумкин:

$$dQ = KdF\Delta t \quad (15.3)$$

У ҳолда, F юзадан узатиладиган иссиқлик миқдори (15.3) тенгламани интеграллаш натижасида топилади:

$$Q = \int_0^F Kd\Delta t = KF\Delta t_{yp} \quad (15.4)$$

бу ерда: Δt_{yp} - ўртача температуралар фарқи.

Регенератив иссиқлик алмашинув аппаратларини иссиқлик ҳисоби, уларда иссиқлик узатиш беқарор бўлганлиги учун жуда мураккаб ҳисобланади. Техникада регенераторларни ҳисоблаш цикл иши давомийлиги ўртача температуралари қиймати билан амалга оширилади $\tau_y = \tau_1 + \tau_2$

бу ерда: τ_1 ва τ_2 қизиш ва совиш даври муддати.

Бу ҳолда иссиқлик узатиш тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$Q_y = K_y F (t_1 - t_2) \quad (15.5)$$

бу ерда: $K_{\text{ц}}$ - циклнинг иссиқлик узатиш тенгламаси

$$K_{\text{ц}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 \tau_1} + \frac{1}{\alpha_2 \tau_2}} \cdot \varepsilon_k \quad (15.6)$$

бу ерда: α_1, α_2 - қизиш ва совиш даври учун иссиқлик бериш коэффициентлари;
 ε_k - қизиш ва совиш даври учун жисм сирти ўртача температураси.

Нотекислигини ҳисобга олувчи тузатма коэффициент (одатда $\varepsilon_k = 0.8$).

Шуни назарда тутиш лозимки, иссиқлик алмашинув аппаратларини ҳисоблаш фақат қизиган сирт юзаси, иссиқлик ташувчилар охириги температуралари ва гидравлик қаршилигини ҳисоблашдан иборат эмас.

Ҳисоблаш масаласига шунингдек қиздириш сирти юзасининг қулай шакли, жойлашиши ва ишчи суюқликларнинг оптимал ҳаракат тезлиги ҳам киради. Умуман ушбу масалаларни ечиш учун иссиқлик алмашинув қурилмасини қуришга капитал сарфлар ва ишлатишга сарфларни ҳисобга олиш зарур бўлади.

Иссиқлик алмашинув аппаратлари иқтисодий самарадорлиги уларнинг фойдали иш коэффициентлари билан аниқланади.

Иссиқлик алмаштиргич иссиқлик баланси тенгламаси қуйидагича ифодаланиши мумкин:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_x \text{ ёки } q_1 + q_2 + q_3 = 100 \% \quad (15.7)$$

бу ерда: Q_x - иссиқ муҳитни атроф-муҳит температурасигача совишидаги иссиқлик сарфи;

Q_1 - совиқ муҳитни қиздиришда фойдаланилган иссиқлик;

Q_2 - иссиқлик алмаштиргичдан иссиқ муҳит билан чиқиб кетаётган иссиқлик миқдори;

Q_3 - атроф-муҳит томонидан ютилган иссиқлик миқдори.

Қуйидаги нисбат иссиқлик алмашинув аппарати ф. и. к. ни ифодалайди:

$$\eta = q_1 = \frac{Q_1}{Q_x} \cdot 100 \% \quad (15.8)$$

15.3 ЎРТАЧА ТЕМПЕРАТУРАЛАР ФАРҚИ

Агар иссиқлик ташувчиларнинг температуралари тўғри чизик бўйлаб ўзгарса (15.2 расмда пунктир чизиклар), иссиқлик алмашинуви аппаратидаги ўртача температуралар фарқи ўртача арифметик қийматлар фарқига тенг бўлади:

$$\Delta t_{yp} = \frac{(t_1' + t_1'')}{2} - \frac{(t_2' + t_2'')}{2} \quad (15.9)$$

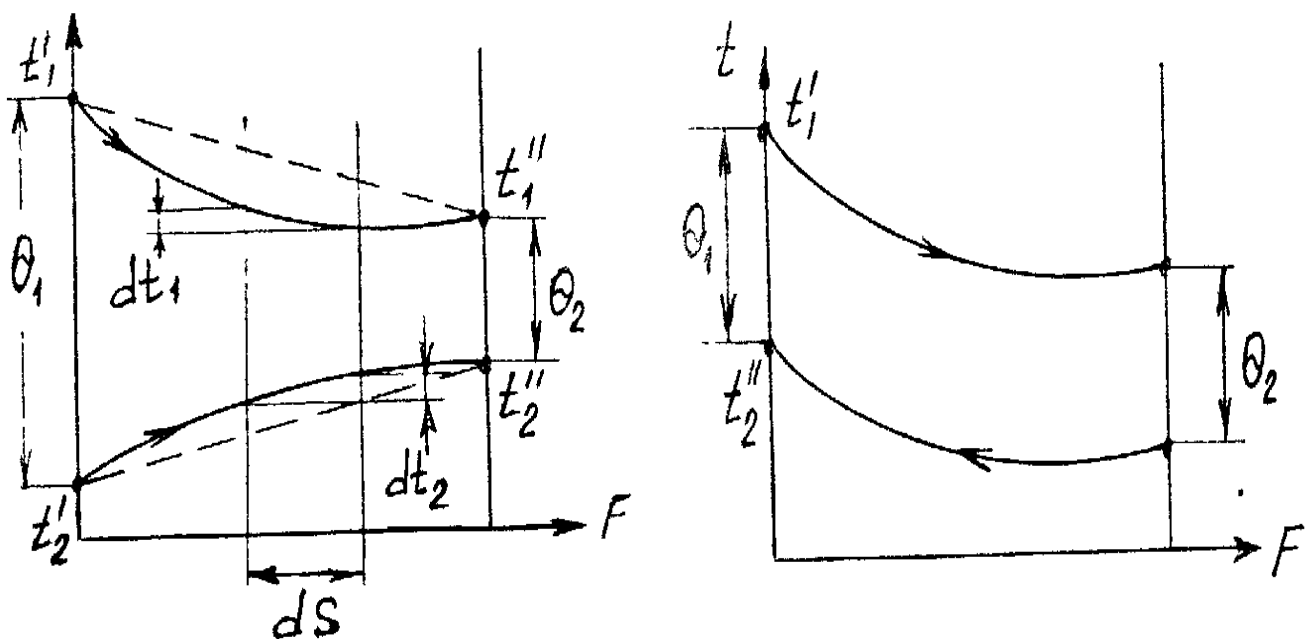
Аммо иссиқлик ташувчилар температуралари эгри чизик бўйлаб ўзгаради. Шунинг учун (15.9) ифодадан иссиқлик ташувчилар температуралари аппаратда кичик қийматга ўзгарганда фойдаланиш мумкин.

Ўртача температуралар фарқини қуйидаги ифода билан аниқлаймиз:

$$\Delta t_{yp} = \frac{Q_1 - Q_2}{\ln \frac{Q_1}{Q_2}} \quad (15.10)$$

бу ерда тўғри оқим учун $Q_1 = t_1' - t_2'$ ва $Q_2 = t_1'' - t_2''$

Қарши оқимли аппарат учун ўртача температуралар фарқи (15.2- расм) даги графикка кўра $Q_1 = t_1' - t_2''$ ва $Q_2 = t_1'' - t_2'$ бўлади.



15.2 - расм.

Агар қиймати катта температуралар фарқини $Q_{\text{макс}}$ қиймати кичик температуралар фарқини $Q_{\text{мин}}$ деб белгиласак, тўғри ва қарши оқим учун ўртача логарифмик температуралар фарқини топиш учун умумий формулага эга бўламиз:

$$\Delta t_{\text{ур}}^{\text{лог}} = \frac{Q_{\text{макс}} - Q_{\text{мин}}}{\ln \frac{Q_{\text{макс}}}{Q_{\text{мин}}}} \quad (15.11)$$

Қарши оқимли аппаратлар учун $\Delta t_{\text{ур}}$ - нинг сон қиймати ҳамма вақт тўғри оқимли апапратлар $\Delta t_{\text{ур}}$ - нинг сон қийматидан катта бўлади. Шунинг учун қарши оқимли аппаратлар ўлчамлари кичик бўлади.

Агар иссиқлик ташувчилар температуралари ўзгаришини чизиқли деб қабул килсак, ўртача арифметик температуралар фарқи ўртача логарифмик температуралар фарқидан катта бўлади.

СИНОВ САВОЛЛАРИ:

1. Иссиқлик алмашинуви аппаратлари турлари.
2. Иссиқлик ташувчиларнинг ўаракатланиш схемалари.
3. Иссиқлик алмашинуви аппаратларини ўисоблаш усуллари.
4. Ўртача температура фарқини аниқлаш.
5. Рекуператив иссиқлик алмашинуви аппаратлари.
6. Иссиқлик балансини тузиш.
7. Иссиқлик алмашинув аппарати ф.и.к. ни аниқлаш.
8. Иссиқлик узатиш тенгламаси.
9. Ўртача арифметик температуралар фарқи.
10. Ўртача логарифмик температуралар фарқи.

ТАЯНЧ ИБОРАЛАР

Иссиқлик алмашинуви апарати, регенератив, рекуператив, аралаштирувчи, иссиқлик баланси, ўртача температуралар фарқи, тўғри оқим, қарши оқим, иссиқлик узатиш тенгламаси, муўитнинг сувли эквиваленти.

XVI - Б О Б

ЁҚИЛҒИ ВА ЁНИШ ПРОЦЕССЛАРИ

16.1. ЁҚИЛҒИ ҲАҚИДА УМУМИЙ ТУШУНЧАЛАР

Ёқилғи - асосий таркибий қисми углероддан иборат ёнувчи модда. Энергетика, саноат ва иситиш қурилмаларида иссиқлик олиш манбаи сифатида, кимё саноатида ҳам ашё сифатида ишлатилади.

Ёнувчи модданинг ёқилғи сифатида мақсадга мувофиқ қўлланилиши техник-иқтисодий омилларга кўра асосланиши керак. Яъни ёқилғининг сифати, захираси, казиб олиш ва истеъмолчига ташиб етказиш қиймати, фойдаланишга қулайлиги ва бошқа омилларга асосланиши керак.

Электрик, механик ва иссиқлик энергияси олишнинг асосий манбаи сифатида органик ёқилғидан фойдаланилади. Ҳозирги вақтда ер шарида олинadиган энергиянинг 70% -органик ёқилғининг кимёвий энергиясидан ва 30%-шамол, сув, қуёш ва атом энергиясидан олинади.

Агрегат ҳолатига кўра ёқилғи қаттиқ, суюқ ва газ ёқилғига, келиб чиқишига ёки олиниш усулига кўра табиий ва сунъий ёқилғига бўлинади.

Табиатда қандай ҳосил бўлган бўлса, шундайлигича олинган ёқилғи табиий ёқилғи дейилади. Унга ёғоч, торф, антрацит, ёнувчи сланецлар, қазилма кўмирлар нефть ва табиий газ киради.

Табиий ёқилғини турли усуллар билан қайта ишлаш натижасида олинган ёқилғи сунъий ёқилғи дейилади. Унга ёғоч, кўмир, ярим кокс, мазут, керосин, бензин, нефть гази, кокс гази, домна гази, генератор гази ва шу кабилар киради.

Кейинги йилларда Ўзбекистон ёқилғи балансида энг арзон ва қимматбаҳо химик ҳам ашё бўлган табиий газнинг ахамияти тобора ортиб борапти.

16.2. ЁҚИЛҒИНИНГ ТАРКИБИ ВА ЭНЕРГЕТИКАВИЙ ХОССАЛАРИ

Ёқилғи таркибига ёнувчан масса, намлик ва ёқилганда қулга ўтадиган минерал аралашмалар киради. Ёқилғининг таркиби кимёвий элементларнинг массавий процент миқдори, намлиги W ва қул миқдори A билан характерланади.

Ёқилғи ўтхонага қайси ҳолда берилса, шу ҳолдаги таркибини иш таркиби дейилади.

$$S^u + C^u + H^u + O^u + N^u + A^u + W^u = 100\% \quad (16.1)$$

Ёқилғи таркибида намлик бўлмаганда, ёқилғи қуруқ массасининг таркиби қуйидаги тенглик билан ифодаланади:

$$S^k + H^k + O^k + N^k + S^k + A^k = 100\% \quad (16.2)$$

Ишчи массада қуруқ массага ўтиш учун қуйидаги ифодадан фойдаланиш мумкин:

$$C^k = C^u \frac{100}{100 - W^u}; \quad H^k = H^u \frac{100}{100 - W^u}; \quad (16.3)$$

Ёқилғи таркибида намлик ва қул бўлмаганда, ёнувчан массанинг таркиби:

$$C^{\ddot{e}} + H^{\ddot{e}} + O^{\ddot{e}} + N^{\ddot{e}} + S^{\ddot{e}} = 100\% \quad (16.4)$$

Ёнувчан масса шартли атама, чунки унинг ҳақиқий ёнувчи элементлари фақат С, Р ва S дан иборат бўлади. Ёқилғида ёнувчан масса қанчалик кўп ва балласт кам бўлса, унинг сифати шунчалик яхши бўлади.

Балласт жумласига сув ва ёниш пайтида қулга ўтадиган минерал аралашмалар киради.

Қуруқ ва ишчи массада ёнувчан массага қуйидаги формулалар ёрдамида ўтилади:

$$C^{\ddot{e}} = C^k \frac{100}{100 - A^k}; \quad C^u = \frac{100}{100 - A^u - W^u}; \quad (16.5)$$

Газ ёқилғининг таркиби ҳажмий улушларда берилиб, уни умумий кўринишда қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\sum_{i=1}^n C_n H_{2n+2} + \sum_{i=1}^n C_n H_{2n} + CO + H_2S + O_2 + N_2 + CO_2 = 100\% \quad (16.6)$$

бу ерда: n- углероднинг атом сони.

Табиий газнинг асосий таркибини метан CH_4 ташкил этади.

Ёниш иссиқлиги

1 кг қаттиқ ёки суюқ ва 1 м³ газ ёқилғи тўла ёнганда ажраладиган иссиқлик миқдори ёқилғининг ёниш иссиқлиги дейилади.

Ёқилғининг иссиқлик ажратиши икки хил:

Юқори $Q_{ю}^u$ ва паст Q_n^u бўлади. Паст ёниш иссиқлиги юқори ёниш иссиқлигидан ёқилғи ёнганда ҳосил бўладиган сув ҳамда ундаги намнинг буғланиши учун сарфланадиган иссиқлик миқдorigа кичик бўлади.

Қаттиқ ва суюқ ёқилғининг ёниш иссиқлиги Д.И. Менделеевнинг эмперик формуласидан топилади:

$$Q_n^u = 340C^u + 1035H^u - 109(O^u - S^u) - 25W^u \quad (16.7)$$

$$Q_n^u = 340C^u + 1260H^u - 109(O^u - S^u) \quad (16.8)$$

Куруқ газнинг ёниш иссиқлиги:

$$Q_n^K = 358CH_4 + 915C_3H_4 + 1190C_4H_{10} + 1465C_5H_{12} + 126CO + 107H_2 + 234H_2S + 640C_2H_6 \quad (16.9)$$

$$Q_{ю}^K = 398CH_4 + 700C_2H_6 - 995C_3H_8 + 1285C_4H_{10} + 1575C_5H_{12} + 126CO + 127H_2 + 247H_2S \quad (16.10)$$

Ёниш иссиқлиги ёқилғининг асосий характеристикаси ҳисобланади.

Шартли ёқилғи - ҳар хил турдаги ёқилғиларни таққослашда ва уларнинг умумий захираларини ҳисоблашда, ёниш иссиқлиги 29300 кЖ/кг бўлган шартли ёқилғи тушунчасидан фойдаланилади.

Ёқилғининг Q_n^u ёниш иссиқлигини шартли ёқилғи ёниш иссиқлиги $Q_{ш\epsilon}$ га нисбати ёқилғи эквиваленти дейилади:

$$\mathcal{E} = \frac{Q_n^u}{Q_{ш\epsilon}} = \frac{Q_n^u}{29300} \quad (16.11)$$

Берилган ёқилғи сарфидан шартли ёқилғи сарфига ўтиш учун қуйидаги ифодадан фойдаланиш мумкин:

$$R_{ш\epsilon} = B \cdot \mathcal{E} = B \cdot \frac{Q_n^u}{29300} \quad (16.12)$$

16.3. ЁҚИЛЎНИНГ ЁНИШ ПРОЦЕССЛАРИ

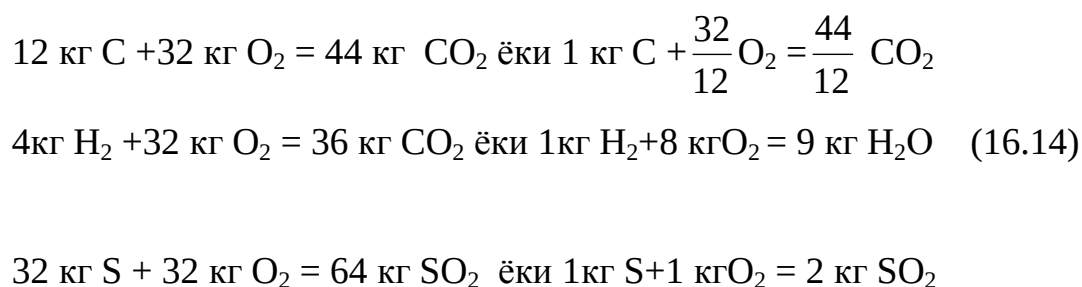
Ёниш- иссиқлик ва ёруғлик ажратиш процесслари билан бирга борадиган мураккаб, тез ўтадиган кимёвий ўзгариш. Оксидлагичли модданинг экзотермик оксидланиш-қайтарилиш реакцияси ёнишнинг асосини ташкил қилади.

Ҳозирги пайтда ёқилғи ёқишнинг уч хил- қатламли, машалали ва уюрмали ёқиш усулларидан фойдаланилади. Ёниш тўлиқ ва тўлиқмас бўлади. Ёқилғининг ёнувчан элементлари кислород билан реакцияга киришиб тўлиқ ёнса, бундай ёниш тўлиқ ёниш дейилади:



Ёниш маҳсулотлари ичида ёнувчан ёқилғи зарралари қолган бўлса, бундай ёниш тўлиқмас ёниш дейилади. Бунга механикавий тўла ёнмаслик ва ёқилғи ёнувчан элементларининг чала оксидланиши сабаб бўлади.

Ёқилғи тўлиқ ёниши учун ўтхонага қатъий миқдорда ҳаво берилиши ва ёқилғининг ҳаво билан яхши аралашини таъминлаш зарур. Ёқилғидаги ҳар қайси ёнувчан элементнинг ёниши учун зарур бўлган кислород миқдори ёниш реакциясидан аниқланади.



Қаттиқ ва суюқ ёқилғи таркибига массавий фоизларда:

$C^u + H^u + S^u + O^u + N^u$ киради ва 1 кг ёқилғининг ёниши учун сарфлаш лозим бўлган кислороднинг умумий миқдори қуйидагига тенг бўлади:

$$M_{O_2}^o = \frac{2,67C^u + 8H^u + S^u - O^u}{100}\tag{16.15}$$

Ёқилғини ёндириш учун ўтхонага соф кислород эмас, балки таркибида 23,2% O₂ бўлган ҳаво берилади. Ёқилғининг тўлиқ ёниши учун зарурий ҳавонинг массавий бирликларда ҳисобланган назарий миқдори қуйидагига тенг бўлади:

$$M_x^o = \frac{100}{23,2} M_{o_2}^o = 0,115 C^u + 0,345 H^u + 0,043 (C^u - O^u), \frac{\text{кг}}{\text{кг}} \quad (16.16)$$

Нормал шароитларда $\rho = 1,293 \text{ кг/м}^3$, у ҳолда ҳажмий миқдорда:

$$V_x^o = 0,0889 (C^u + 0,375 S^u) + 0,265 H^u - 0,0333 O^u, \frac{\text{м}^3}{\text{кг}} \quad (16.17)$$

Газни ёқиш учун зарур бўлган ҳавонинг назарий миқдори:

$$V_x^o = 0,0476 [0,560 + 0,5 H_2 + 1,5 H_2 S + \sum_{i=1}^m (m + \frac{n}{4}) C_m H_n - O_2], \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3} \quad (16.18)$$

Ёниш процессини кислороднинг ҳаммаси ёқилғи билан реакцияга киришадиган қилиб ўтказиб бўлмайди. Унинг бир қисми ёниш реакциясига киришмайди ва тутун газлар билан бирга эркин ҳолда чиқиб кетади. Ёқилғининг тўлиқ ёниши учун ҳавони ҳисоблаб топилгандан кўра кўпроқ миқдорда бериш зарур.

Ўтхонага бериладиган ҳавонинг ҳақиқий миқдорини, зарур назарий миқдорига нисбати ортиқча ҳаво коэффиценти дейилади:

$$\alpha = \frac{V_x^k}{V_{x_0}^o} \quad (16.19)$$

α -нинг катталиги ёқилғининг турига, ёқиш усулига, ўтхонанинг конструкциясига ва хоказоларга боғлиқ бўлиб, қиймати 1,02-1,5 орасида бўлади.

ЁНИШ МАҲСУЛОТЛАРИНИНГ ТАРКИБИ

Ёқилғи $\alpha = 1$ да тўлиқ ёнганда ёниш маҳсулотлари таркибида CO₂, SO₂, H₂O, ва N₂ бўлади. Агар $\alpha > 1$ бўлса, улардан ташқари ортиқча ҳаво, яъни қўшимча кислород ва азот бўлади.

Уч атомли газлар (RO₂ = CO₂ қ SO₂) ҳажми қаттиқ ва суюқ ёқилғи учун қуйидагига тенг бўлади:

$$V_{RO_2} = 0,0187 (C^u + 0,375 S^u), \text{ м}^3 / \text{кг} \quad (16.20)$$

Газ ёқилғи учун:

$$V_{RO_2} = 0,01[\sum_{i=1}^m mC_m H_m + RO_2 + CO + H_2S], \text{ м}^3 / \text{м}^3 \quad (16.21)$$

Қаттиқ ва суюқ ёқилғи ёниш маҳсулотлари таркибидаги азотнинг ҳажмий миқдори:

$$V_{N_2}^o = 0,79V_{x_o}^o + 0,008N^u, \text{ м}^3 / \text{кг} \quad (16.22)$$

Газ ёқилғи учун:

$$V_{N_2} = 0,79V_x^o \cdot a + 0,008N^u, \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

Қаттиқ ва суюқ ёқилғи ёниш маҳсулотлари таркибидаги сув буғларининг ҳажмий миқдори:

$$V_{H_2O}^o = 0,111H^u + 0,0124W^u + 0,0161V_x^o \text{ м}^3 / \text{кг} \quad (16.23)$$

Қаттиқ ва суюқ ёқилғи ёниш маҳсулотлари таркибидаги сув буғларининг ҳажмий миқдори:

$$V_{H_2O} = 0,01[\sum_{i=1}^m \frac{n}{2} C_m H_n + H_2 + 0,124d] + 0,0161V_x^o \alpha, \text{ м}^3 / \text{м}^3 \quad (16.24)$$

Газ ёқилғи учун:

$$V_{H_2O} = 0,01[\sum_{i=1}^m \frac{n}{2} C_m H_n + H_2S + H_2 + 0,124d] + 0,0161V_x^o \alpha, \text{ м}^3 / \text{м}^3 \quad (16.25)$$

бу ерда: d - газнинг нам сақлами, г/м³

Ёниш маҳсулотларининг умумий ҳажми:

$$V_{\Gamma} = V_{RO_2} + V_{N_2} + V_{H_2O} \quad (16.26)$$

Мисол.

Таркиби $C^u = 83 \%$; $H^u = 10,4 \%$; $S^u = 2,8 \%$; $O^u = 0,7 \%$; $A^u = 0,1 \%$; $W^u = 3,0 \%$ бўлган 1 кг юқори олтингугуртли мазут тўлиқ ёнганда ҳосил бўладиган ва ўтхонадан чиқаётган ёниш маҳсулотлари энтальпиясини аниқланг. Газларнинг ўтхонадан чиқишдаги температураси $\vartheta = 1000 \text{ } ^\circ\text{C}$, ўтхонадаги ортиқча ҳаво коэффиценти $\alpha = 1,15$.

Ечиш.

1 кг мазутни тўлиқ ёниши учун зарур бўлган ҳавонинг назарий миқдорини аниқлаймиз:

$$V_x^o = 0,0889(C^u + 0,375 S^u) + 0,265 H^u - 0,0333 O^u =$$

$$= 0,0889(83 + 0,375 \cdot 2,8) + 0,265 \cdot 10,4 - 0,0333 \cdot 0,7 = 10,2 \quad \text{м}^3 / \text{кг}$$

Ёниш маҳсулотлари ҳажми:

$$V_{RO_2} = 0,0187(C^u + 0,375 S^u) = 0,0187(83 + 0,375 \cdot 2,8) = 1,57 \quad \text{м}^3 / \text{кг}$$

$$V_{N_2}^o = 0,79 V_{x_o}^o + 0,008 N^u = 0,79 \cdot 10,2 + 0,008 \cdot 0 = 8,05 \quad \text{м}^3 / \text{кг}$$

$$V_{H_2O}^o = 0,111 H^u + 0,0124 W^u + 0,0161 V_x^o =$$

$$= 0,111 \cdot 10,4 + 0,0124 \cdot 3 + 0,0161 \cdot 10,2 = 1,35 \quad \text{м}^3 / \text{кг}$$

$\alpha=1$ ва $\vartheta = 1000$ °C да ёниш маҳсулотлари энтальпияси:

$$I_u^o = (V_{RO_2} \cdot C_{CO_2} + V_{N_2}^o \cdot C_{N_2} + V_{H_2O}^o \cdot C_{H_2O}) \cdot \vartheta_r =$$

$$= (1,57 \cdot 2,2 + 8,05 \cdot 1,39 + 1,35 \cdot 1,72) \cdot 1000 = 16905 \quad \text{кЖ} / \text{кг}$$

$\alpha = 1$ бўлганда ҳавонинг энтальпияси:

$$I_x^o = V_x^o (C \vartheta)_x = 10,2 \cdot 1,3 \cdot 1000 = 13260 \quad \text{кЖ} / \text{кг}$$

Ёниш маҳсулотларининг ўтхонадан чиқишдаги энтальпияси:

$$I = I_u^o + (\alpha - 1) I_x^o = 16905 + (1,15 - 1) \cdot 13260 = 18965 \quad \text{кЖ} / \text{кг}$$

XVII - БОБ
ҚОЗОН ҚУРИЛМАЛАРИ
17.1. АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР

Ёқилғи ёқиш ҳисобига сув буғи ёки иссиқ сув олинадиган қурилмалар ва агрегатлар мажмуаси қозон қурилмалари дейилади. Унинг таркибига қозон агрегати ва ёрдамчи жихозлар (мури, вентилятор, чанг тайёрлаш қурилмалари, қул тутғич ва уни чиқариб юбориш қурилмаси, таъминлаш насослари) киради.

Қозон агрегати қозон қурилмасининг асосий қисми бўлиб, у буғ қозони, ўчоқ, буғлатиш, сиртлари, буғ ўтақиздирғич, сув экономайзери ва ҳаво иситкичларидан иборат. Қозон агрегатига каркас, обмуровка (ташқи девор) ва қоплама, қувурлар, арматуралар, текшириш ва автоматика асбоблари ҳам киради.

Қозон қурилмалари ишлатилишига кўра қуйидагларга бўлинади:

- а. энергетикавий қозон қурилмалари, буларда буғдан олинган иссиқлик энергиясининг ҳаммаси аввал механикавий, кейин эса электр энергиясига айлантириш учун турбинага берилади;
- б. иссиқлик-энергетикавий қозон қурилмалар, буларда иссиқлик энергиясининг камроқ қисми иссиқлик ташувчи тарзида истеъмолчининг эҳтиёжлари учун юборилади: иссиқликнинг асосий қисми электр энергияси олишга сарфланади.
- с. иситиш қозон қурилмалари, буларда паст босимли сув ёки иссиқ сув ҳосил қилиниб, уйларни ва корхоналарни иситиш, вентиляциялаш ва иссиқ сув билан таъминлашда фойдаланилади.

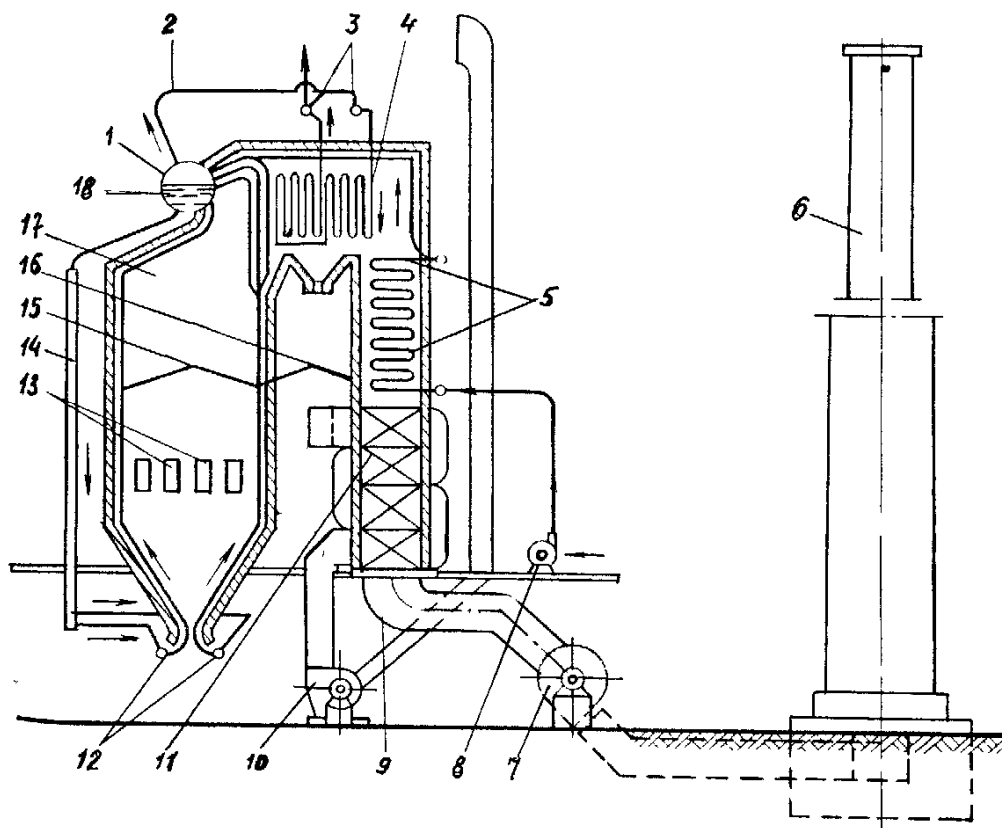
Буғ қозон агрегатининг иш жараёни қуйидаги босқичлардан иборат:

1. ёқилғининг ёниши;
2. буғ газларидан сувга ёки буғга иссиқлик узатиш;
3. сувни қиздириш натижасида қайнаши, буғланиши ва тўйинган буғнинг ўта қизиши.

Сув иситадиган қозон агрегатининг иш жараёни бошдаги икки босқичдан иборат бўлади.

17.1 -расмда буғ қозон қурилмасининг принципиал схемаси кўрсатилган.

Ёқилғи горелка 13 ёрдамида ўчоқ 17 га берилади. Ўчоқдан иссиқ ёниш маҳсулотлари буғ ўта қиздиргич жойлашган газ йўлига ўтади ва экономайзер 5 ҳамда ҳавоқиздиргич 11 жойлашган конвектив шахтага ўтади. Буғ газларни қозон агрегатидан буғ сўргич 7 сўриб, мўри 6 дан атмосферага чиқариб ташлайди.



17.1 - расм.

1-буғ қозони: 2- буғ узаткич қувури: 3 - буғ ўта қиздиргич коллектори: 4- буғ ўта қиздиргич: 5 -экономайзер: 6- тутун қувур: 7-тутун сўргич: 8- таъминлаш насоси: 9- ёнувчи аралашмалар канали: 10 - вентилятор:11 -ҳавоқиздиргич: 12 - экранлар коллекторлари: 13- горелка: 14-тушириш қувурлари: 15-экранлар: 16-обмуровка: 17-ўтхона: 18-барабан.

Вентилятор ҳайдаб берган ҳаво рекўператив ҳаво қиздиргич орқали ўтиб, тутун газлар иссиқлиги ҳисобига исийди ва ўтхона камерасининг горелкасига йўналади.

Сув дастлаб кимёвий сув тозалагичда қаттиқ тузлардан ва деаэраторда актив (коррозия ҳосил қиладиган газлар CO , O_2 , CO_2) газлардан тозаланиб, таъминлаш насоси 8 ёрдамида экономайзерга узатилади. Экономайзерда сув тутун газлар иссиқлиги ҳисобига қизиб, қозон барабани 18 га тушади.

Барабанда таъминлаш суви қозон суви билан аралашади ва тушириш қувурлари орқали пастки коллектор 12 га киради. Ундан экранли буғлатгич қувурлари 15 га ўтади. Коллектор ва буғлатгич қувурлари юқори температуралар зонасида бўлганлиги учун, ёқилғини ёниши натижасида ҳосил бўлган иссиқлик ҳисобига сув қайнаш температурасигача қизийди ва ҳосил бўлган буғ-сув аралашмаси зичлиги камлиги сабабли қозон барабанига кўтарилади. Барабанда буғ сувдан ажралиб буғ қиздиргич 4-га тушади ва унинг коллекторлари 3 орқали истеъмолчига юборилади.

Шундай қилиб, қозонда сув ва буғ-сув аралашмасининг табиий циркуляцияси вужудга келади.

Атроф муҳитга иссиқлик йўқотилишини камайитириш ва қозон агрегатига хизмат кўрсатишда хавфсизликни таъминлаш мақсадида қозон қурилмасининг ташқи деворлари (обмуровка) ўтга чидамли ва иссиқлик изоляцияси материаллари билан қопланади.

Қозон қурилмасида қаттиқ ёқилғи ёқилганда буғ-сўргич олдида тутун газларни кул чангларида тозалайдиган кул ажратгич ва горелка олдида ёқилғи тайёрлайдиган система ўрнатилади.

17.2. ҚОЗОН АГРЕГАТИНИНГ ИССИҚЛИК БАЛАНСИ

Қозон қурилмасининг иссиқлик баланси агрегатга иссиқлик келиши ва сарфланиши орасидаги тенгликни ифодалайди. Иссиқлик баланси асосида ёқилғи сарфи аниқланади ва фойдали иш коэффиценти ҳисобланади. Қозон агрегатида ёқилғининг кимёвий энергияси ёниш натижасида, ёниш маҳсулотларининг физикавий иссиқлигига айланади. Бу иссиқлик сувни қиздириш ёки буғ ишлаб чиқариш ва ўта қиздириш учун сарф бўлади. Иссиқлик узатиш ва ёниш процесслари давомида маълум иссиқлик йўқотилади ва ҳосил бўлаётган маҳсулот сув ёки қизиган буғ иссиқликнинг бир қисмини ўзига олади.

Қозон агрегатининг иссиқлик балансини тузиш агрегатга кираётган иссиқлик билан фойдаланилаётган ва сарф бўлаётган иссиқликлар орасидаги тенгликни ифодалашдан иборат бўлади. Иссиқлик баланси 1 кг қаттиқ ёки суюқ

ёки 1 м^3 газ ёқилғиси учун тузилади. Агрегатнинг иссиқлик ҳолати мувозанатлашганда иссиқлик баланси тенгламаси қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$Q_n^u = Q_1 + \sum Q_c$$

ёки

$$Q_n^u = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 \quad (17.1)$$

бу ерда: Q_1 -буғ ҳосил бўлишига фойдаланилган иссиқлик миқдори;

Q_2 -чиқиб кетаётган газлар билан иссиқликнинг йўқотилиши;

Q_3 -кимёвий тўла ёнмасликдан иссиқликнинг йўқотилиши;

Q_4 -механикавий тўла ёнмасликдан иссиқликнинг йўқотилиши;

Q_5 -атроф-муҳитга иссиқликнинг йўқотилиши;

Q_6 -шлакларнинг физик иссиқлиги билан иссиқликнинг йўқотилиши.

Агар (17.1) тенгликнинг ўнг томонидаги ҳар бир йиғиндини Q_n^u га бўлиб ва 100% га кўпайтирсак, иссиқлик баланси тенгламаси қуйидаги кўринишга келади:

$$q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 = 100 \% \quad (17.2)$$

(17.2) тенгликдаги q_1 агрегат фойдали иш коэффициентини ифодалаб, қозон қурилмаси энергия сарфларини (буғ сўргич, вентилятор, таъминлаш насоси ва бошқа) ҳисобга олмайди.

Иссиқлик баланси (17.1) нинг чап қисми қуйидаги катталиклар йиғиндисидан иборат:

$$Q_n^u = Q_k^u + Q_{x.f.u} + Q_{\bar{e}.f.u} + Q_{\delta.f.u} \quad (17.3)$$

бу ерда: $Q_{x.f.u}$ - 1 кг ёқилғини ёқиш учун ўтхонага бериладиган ҳавонинг физикавий иссиқлиги;

$Q_{\bar{e}.f.u}$ - ўтхонага бериладиган 1 кг ёки 1 м^3 ёқилғининг физикавий иссиқлиги;

$Q_{\delta.f.u}$ - 1 кг ёқилғига пуфланадиган буғ билан келадиган физикавий иссиқлик.

Ҳаво билан бериладиган иссиқликни қуйидаги тенгликдан топиш мумкин:

$$Q_{x.f.u} = \beta' V^o C_p' (T_{k.x} - T_{c.x}) \quad (17.4)$$

бу ерда: β' - ҳавоқиздиргичга кираётган ҳаво миқдорини назарий жихатдан керак бўладиган ҳаво миқдорига нисбати;

C_p - ҳавонинг ўртача ҳажмий изобарик иссиқлик сифими;

$T_{к.х}$ -қизиган ҳаво температураси;

$T_{с.х}$ - совиқ ҳаво температураси.

Мазут ёқишда пуфланадиган буғ билан келадиған иссиқлик:

$$Q_{\delta.ф.и} = W_{\phi}(i_{\phi} - r) \quad (17.5)$$

бу ерда: W_{ϕ} - форсунка буғининг сарфи;

i_{ϕ} - форсунка буғининг энтальпияси;

r - буғланиш иссиқлиги.

Ўтхонага берилаётган 1 кг ёқилғининг физикавий иссиқлиги;

$$Q_{\epsilon.ф.и} = C_{\epsilon}(T_{\epsilon} - 273) \quad (17.6)$$

бу ерда: C_{ϵ} -ёқилғининг иссиқлик сифими;

T_{ϵ} -ёқилғининг температураси.

Агар ҳаво ва ёқилғи дастлаб қиздирилмаса, ҳамда ёқилғи билан пуфланадиган буғ ишлатилмаса, у ҳолда $Q_u^u = Q_n^u$ бўлади.

1. Чиқиб кетаётган газлар билан иссиқликнинг йўқотилиши Q_2 (q_2)

Чиқиб кетаётган газлар билан иссиқликнинг йўқотилиши энг катта исроф бўлиб, асосан, чиқиб кетаётган газларнинг температурасига ва ортиқча ҳаво коэффициентига боғлиқ.

Q_2 нинг қиймати, қозон агрегатидан чиқаётган газлар билан агрегатга кираётган совиқ ҳаво энтальпиялари фарқига тенг бўлади:

$$Q_2 = (I_{чик} - I_{с.х})a = [V_{\Gamma}C'_{p,г}(T_{\Gamma} - 273) - C_{\Gamma}V^0C'_{p,х}(T_{сх} - 273)]a \quad (17.7)$$

бу ерда: V_{Γ} -1 кг ёқилғи ёниш маҳсулотининг ҳажми;

$C'_{p,г}$, $C'_{p,х}$ - ёқилғи ёниш маҳсулотлари ва ҳавонинг ўртача ҳажмий изобарик иссиқлик сифими;

T_{Γ} , $T_{с.х}$ - чиқаётган газлар ва ҳавонинг температураси;

a - механикавий тўла ёнмасликдан иссиқликнинг йўқотилишини ифодалайдиган коэффициент, $a = 1 - q_4 / 100$.

Иссиқликнинг чиқиб кетаётган газлар билан йўқотилиши q_2 нинг қиймати газлар температураси T_q ва ортикча ҳаво коэффиценти α_q ортиши билан ортиб боради. T_q нинг қийматини камайтириш мақсадида ҳавоқиздиргич ва экономайзерлардан фойдаланилади.

2. Кимёвий тўла ёнмасликдан иссиқликнинг йўқотилиши $Q_3 (q_3)$

Ўтхонадан чиқаётган газлар таркибида чала ёнган ёқилғи маҳсулотлари CO , H_2 , CH_4 , ёниш иссиқликларидан агрегатда тўла фойдаланилмайди. Бу газларнинг ёниш иссиқликлари йиғиндиси кимёвий тўла ёнмасликни ифодалайди.

Кимёвий тўла ёнмасликнинг асосий сабаблари: ҳавонинг етишмаслиги ($\alpha < 1$); ёқилғининг ҳаво билан ёмон аралашishi; ортикча ҳавонинг кўплиги ($\alpha > 1$); ўтхонада солиштира иссиқлик ажралишининг кам ёки жуда кўп бўлиши q_v , кВт / м³.

Қаттиқ ёки совиқ ёқилғи ёнганида Q_3 нинг қийматини қуйидаги формула бўйича аниқлаш мумкин:

$$Q_3 = 237,5 \frac{C^p + 0,375S_{\text{л}}^p}{RO_2 + CO} \left[1 - \frac{q_4}{100}\right] [CO + 0,85H_2 + 2,8CH_4] \quad (17.3)$$

3. Механикавий тўла ёнмасликдан иссиқликнинг йўқотилиши $Q_4 (q_4)$

Механикавий тўла ёнмасликдан бўладиган иссиқлик сарфлари колосник чўғдонларнинг тешикларидан тўкилиб қозон агрегатларидан кул ва шлак билан бирга ҳамда тутун газлари билан бирга чиқиб кетадиган ёқилғининг ёниб бўлмаган зарралари миқдorigа боғлиқ бўлади.

Кимёвий ва механикавий тўла ёнмасликдан иссиқликнинг йўқотилиш қиймати ўтхона турига, ёқиш усулига, ёқилғи турига ва қозон қурилмаси қувватига боғлиқ бўлади. Камерали ўтхонада қаттиқ ёқилғини ёқишда исрофлар йиғиндиси $(q_3 + q_4) = 1 - 7\%$ ни ташкил этади. Мазут ва газни ёқишда кимёвий тўла ёнмасликдан бўладиган исрофлар 1-1,5% ни ва механикавий тўла

ёнмасликдан 0,5-3% ни ташкил этади. Қатламли ўтхоналарда кимёвий ва механикавий тўла ёнмасликдан бўладиган исрофлар 6-14% ни ташкил этади.

4. Атроф - муҳитга иссиқликнинг йўқотилиши $Q_5 (q_5)$

Ташқи муҳитга иссиқликнинг йўқотилиши кўп омилларга боғлиқ ва асосан: қозон ва ўчоқ конструкцияси ва ўлчамларига, ташқи девор материалининг қалинлиги ва иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентига, қозон агрегатининг иссиқлик ишлаб чиқариш қувватига, ташқи девор сирти ва атроф муҳит температураларига ва бошқаларга боғлиқ.

Атроф-муҳитга иссиқликнинг йўқотилиши қозон агрегатининг қувватига ва қўшимча юзалар (экономайзер) борлиги ҳисобга олиниб меъйёрлардан қабул қилиниши мумкин. Қуввати 2,78 кг/с гача бўлган буғ қозонлари учун $q_5 = 2 \div 4\%$, 16,7 кг / с гача $q_5 = 1 \div 2\%$, 16,7 кг / с дан кўпроқ бўлса $q_5 = 1 \div 0,5\%$

5. Шлакларнинг физик иссиқлиги билан иссиқликнинг йўқотилиши $Q_6 (q_6)$

Бу қиймат жуда кичик бўлиб, кўмир, антрацит, сланец каби кули кўп ёқилғиларни қатламли ёки камерали ўтхоналарда ёқилганда 1-1,5% ташкил қилади.

Шундай қилиб, қозон агрегати фойдали иш коэффициенти қуйидагига тенг бўлади:

$$\eta_{к.а} = q_1 = 100 - \sum q_c \quad (17.9)$$

Ишлаб чиқарилаётган маҳсулот (буғ, сув) қабул қилган иссиқликни $Q_{к.а}$ билан белгилаймиз ва унинг қиймати: буғ қозонлари учун:

$$Q_1 = Q_{к.а} = D[i_{к.δ} - i_{TC}] + \frac{pD}{100}[i' - i_{TC}] \quad (17.10)$$

Сув қиздиргич қозонлар учун:

$$Q_1 = Q_{к.а} = M_c C_{p.c} [T_u - T_k] \quad (17.11)$$

бу ерда: D - қозоннинг унумдорлиги, кг /с; $i_{к.δ}$ - қиздирилган буғ энтальпияси, кЖ /кг; $i_{т.с}$ - таъминлаш суви энтальпияси, кЖ /кг; P - қозон агрегатидаги сув таркибининг туз миқдори ошиб кетмаслиги мақсадида ҳайдаладиган сув миқдори

, % ; i' - қозон суви энтальпияси , кЖ /кг; M_c - қозон агрегатидан ўтаётган сув миқдори, кг/с ; C_{pc} - сувнинг иссиқлик сиғими, кЖ/кг. Гр; $T_{ч}$ - қозондан чиқаётган иссиқ сув температураси, К; T_k - қозонга кираётган сув температураси, К.

Ёқилғи сарфини қуйидаги формула ёрдамида аниқлаш мумкин:

$$B = \frac{Q_{к.а}}{Q_n^u \eta_{к.а}} \quad (17.12)$$

Ёниш маҳсулотлари ҳажми одатда механикавий тўла ёнмасликдан иссиқлик йўқотилишини ҳисобга олмасдан аниқланади. Шунинг учун қозон агрегатини ҳисоблашда (ўтхонада иссиқлик алмашиниши, газ йўллари, ҳаво қиздиргич ва экономайзер қиздириш юзаларини аниқлашда) ёқилғининг ҳисоблаш миқдоридан фойдаланилади:

$$B_x = B - \frac{100 - q_4}{100}$$

Газ ва мазут ёқилганда:

$$B_x = B$$

Мисол.

Буг қозони ўтхонасида таркиби қуйидагича бўлган табиий газ ёнмоқда: $CO_2 = 0,2 \%$, $CH_4 = 98,2 \%$, $C_2H_6 = 0,4 \%$, $C_3H_8 = 0,1 \%$, $C_4H_{10} = 0,1 \%$, $N_2 = 1,0 \%$.

Агар қозон агрегатидан кейин ортиқча ҳаво коэффиценти $\alpha_{ч} = 1,3$, ёниш маҳсулотлари энтальпияси $I_{ч} = 3300$ кЖ/кг, қозондаги ҳаво температураси $t_x = 30$ °С, ҳавонинг ўзгармас босимдаги ўртача ҳажмий иссиқлик сиғими $C_{px} = 1,297$ кЖ/(м³·К) ва ёқилғининг механик чала ёнишидан иссиқлик йўқотилиши $q_{ч} = 4,0 \%$ бўлса, қозон агрегатидан чиқаётган газлар билан иссиқлик йўқотилишини % да аниқланг.

Ечиш.

Газнинг пастки ёниш иссиқлиги:

$$\begin{aligned} Q_n^K &= 358CH_4 + 640C_2H_6 + 915C_3H_8 + 1190C_4H_{10} + 1465C_5H_{12} = \\ &= 358 \cdot 98,2 + 640 \cdot 0,4 + 915 \cdot 0,1 + 1190 \cdot 0,1 + 1465 \cdot 0 = 35622 \text{ кЖ} / \text{м}^3 \end{aligned}$$

1 м³ табиий газни тўлиқ ёниши учун зарур бўлган ҳавонинг назарий миқдори:

$$V_x^o = 0,0476[2CH_4 + 3,5C_2H_6 + 5C_3H_8 + 6,5C_4H_{10}] = \\ = 0,0476[2 \cdot 98,2 + 3,5 \cdot 0,4 + 5 \cdot 0,1 + 6,5 \cdot 0,1] = 9,47 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

Ўтхонага кираётган ҳаво энтальпияси:

$$I_x = V_x^o \cdot \alpha_u \cdot t_x \cdot C_{p,x} = 9,47 \cdot 1,3 \cdot 30 \cdot 1,297 = 479 \text{ кЖ} / \text{м}^3$$

Қозон агрегатидан чиқаётган газлар билан иссиқлик йўқотилиши:

$$q_2 = \frac{I_u - I_x}{Q_n^k} (100 - q_u) = \frac{3300 - 479}{35622} (100 - 4) = 7,6 \%$$

АДАБИЁТЛАР

1. Нашокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача М., 1980 й.
2. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика М., 2000 й.
3. Кириллин В.А., Сычев.В., Шейддлин А.Е. Техникавий термодинамика. Тошкент 1980 й.
4. Черняк О.В. Теплотехника ва гидравлика асослари. Тошкент, 1997 й.
5. Ларионов Н.Н. Теплотехника. М.,1986 й.
6. Панкратов Г.П. Сборник задач по теплотехнке. М., 1986 й.
7. Андрианова Т.Н., Дзампов Б.В. и др. Сборник задач по технической термодинамике. М., 2000 й.
8. Луканин В. Теплотехника М., 2002 й.
9. Зубарев В.Н., Александров А.А., Охотин В.С. Практикум по технической термодинамике. М., 1986 й.
10. Эфендиев А.М., Асраев Р.А. Иссиқлик техникасидан қисқача лекция курси. Бухоро. 1992 й.
11. Асраев Р.А., Эфендиев А.М., Сафаров Р.Т. Иссиқлик техникаси. Бухоро 2001 й.

