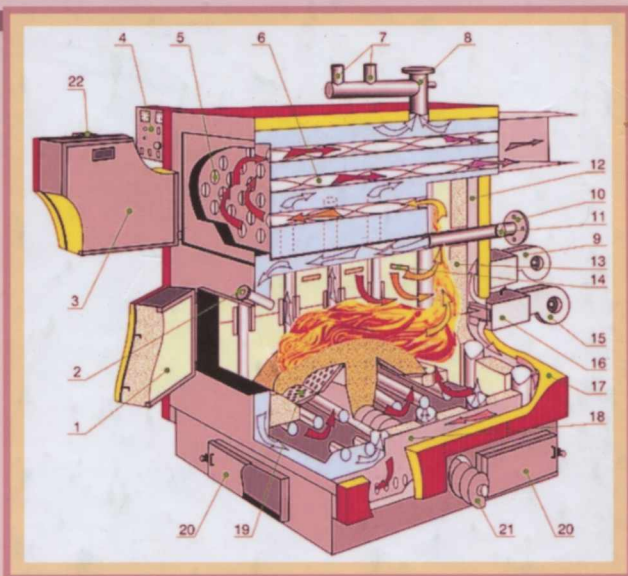


А.Х. ҲАБИБОВ

ТЕХНИКАИ ТАРМО



Вазорати маорифи Ҷумҳурии Тоҷикистон
Вазорати энергетика ва саноати Ҷумҳурии Тоҷикистон
Донишгоҳи технологии Тоҷикистон

Бахшида ба 20-солагии Истиқлолияти
Ҷумҳурии Тоҷикистон

ҲАБИБОВ АБДУРАҲМОН
ҲАКИМБОЕВИЧ

ТЕХНИКАИ ГАРМО

(дастури таълимӣ-методӣ)

Аз ҷониби Вазорати маорифи Ҷумҳурии Тоҷикистон
(қарори мушовара аз 31 майи соли 2011, №13/31) ба сифати
китоби дарсӣ барои донишҷӯёни факултаҳои механикӣ-
технологии мактабҳои олии тавсия шудааст

ДУШАНБЕ
2011

Бо Қарори Шӯрои илмӣ - методии Донишгоҳи технологии Тоҷикистон ба ҷоп тавсия шудааст (суратмаҷлиси № 12 аз «20» майи соли 2011).

Муқарризон: **Сафаров М.М.** – доктори илмҳои техники, профессор, академики Академияи муҳандисии Ҷумҳурии Тоҷикистон, мудири кафедраи «Техникаи гармо ва таҷҳизоти гармидиҳӣ»-и Донишгоҳи техники Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

Курбонов Ф.Б. – номзади илмҳои техники, дотсенти кафедраи Мошин ва таҷҳизоти истеҳсоли хӯрока, декани факултети муҳандисӣ-технологии Донишгоҳи технологии Тоҷикистон

Мухаррир: **Одинаев Н.С.** - **номзади илмҳои филологӣ**

Ҳабибов А.Х.

Техникаи гармо. – Душанбе: «ЭР-граф», 2011. – 208 с.

Китоби мазкур асосҳои назариявӣ ва истифодаи амалии техникаи гарморо дар бар мегирад. Бо мақсади баланд бардоштани сатҳи донишандӯзии донишҷӯён тестҳо масъалаҳо барои худтақвиятдиҳӣ, саволҳо барои санҷиш ва тақвияти донишҳои назариявӣ доир ба ҳар мавзӯ ғирд оварда шудаанд.

Китоби мазкур барои донишҷӯёни таълимгоҳҳои олии низомии кредитӣ ва анъанавии равияҳои «Мошин ва таҷҳизоти истеҳсоли хӯрока», «Технологияи истеҳсоли маводи хӯрока», «Технологияи маҳсулоти ғизоии таъиноташон махсус ва хӯроки омма», «Технологияи коркард ва истеҳсоли маҳсулоти хоҷагии қишлоқ», кормандон ва мутахассисони соҳаҳои гуногуни саноат пешниҳод карда мешавад.

Расмҳо – 33, ҷадвал – 7 ва адабиёт – 18 номгӯй.

МУНДАРИҶА

ҚИСМИ I. ТЕРМОДИНАМИКАИ ТЕХНИКӢ	5
МАВЗӢИ 1. МАФӢУМӢОИ АСОСӢ	5
1.1. Мукаддима.....	5
1.2. Системаи термодинамикӣ.....	5
1.3. Параметрҳои ҳолат.....	7
1.4. Муодилаи ҳолат ва раванди термодинамикӣ.....	9
МАВЗӢИ 2. ҚОНУНИ ЯКУМИ ТЕРМОДИНАМИКА	14
2.1. Гармӣ ва қор.....	14
2.2. Энергияи дохилӣ.....	14
2.3. Қонуни якуми термодинамика.....	15
2.4. Гармигунҷоиши газ.....	17
2.5. Муодилаи умумии ҳолати гази идеалӣ.....	18
2.6. Омехтаи газҳои идеалӣ.....	19
МАВЗӢИ 3. ҚОНУНИ ДУЮМИ ТЕРМОДИНАМИКА	24
3.1. Муқаррароти умумии қонуни дуҷуми термодинамика.....	24
3.2. Энтропия.....	25
3.3. Давр ва теоремаи Карно.....	26
МАВЗӢИ 4. РАВАНДӢОИ ТЕРМОДИНАМИКӢ	30
4.1. Усулҳои таҳқиқоти равандҳои термодинамикӣ.....	30
4.2. Изораваҳои гази идеалӣ.....	31
4.3. Раванди политропӣ.....	33
МАВЗӢИ 5. ГАЗӢОИ ВОКЕӢ. БУҒИ ОБ. ҲАВОИ НАМ	38
5.1. Хосиятҳои газҳои воқеӣ.....	38
5.2. Муодилаи ҳолати гази воқеӣ.....	39
5.3. Мафҳуми буғи обӣ.....	42
5.4. Таъсифи ҳавои нам.....	43
МАВЗӢИ 6. ДАВРӢОИ ТЕРМОДИНАМИКӢ	49
6.1. Даврҳои дастгоҳҳои бугтурбинӣ.....	49
6.2. Даврҳои муҳаррикҳои дарунсӯз.....	51
6.3. Даврҳои дастгоҳҳои газутурбинӣ.....	54
ҚИСМИ II. АСОСӢОИ НАЗАРИЯИ МУБОДИЛАИ ГАРМӢ	59
МАВЗӢИ 7. МАФӢУМӢО ВА ҚОИДАӢОИ АСОСӢ	59
МАВЗӢИ 8. ГАРМИГУЗАРОНӢ	63
8.1. Майдони ҳароратӣ. Муодилаи гармигузаронӣ.....	63
8.2. Гармигузаронии муқаррарӣ аз девори ҳамвор.....	65
8.3. Гармигузаронии муқаррарӣ аз девори устуворавӣ.....	67
8.4. Гармигузаронии муқаррарӣ аз девори қуравӣ.....	70

МАВЗЌИ 9. МУБОДИЛАИ ГАРМИИ КОНВЕКТИВӢ	75
9.1. Омилхое, ки ба мубодилаи гармии конвективӢ таъсир мерасонанд	75
9.2. Қонуни Нютон-Рихман	75
9.3. Маълумоти мухтасар аз назарияи монандӢ	77
9.4. Муодилаҳои меъёрии мубодилаи гармии конвективӣ	78
9.5. Формулаҳои ҳисобии мубодилаи гармии конвективӣ	78
МАВЗЌИ 10. АФКАНИШОТИ ГАРМӢ	86
10.1 Маълумоти умумӣ дар бораи афканишоти гармӣ	86
10.2 Қонунҳои асосии афканишоти гармӣ	88
МАВЗЌИ 11. ГАРМИГУЗАРИШ	99
11.1. Гармигузариш аз девори ҳамвор	99
11.2. Гармигузариш аз девори устунавӣ	101
11.3. Намудҳои дастгоҳҳои мубодилаи гармӣ	103
11.4. Ҳисоби дастгоҳҳои мубодилаи гармӣ	104
ҚИСМИ Ш. ДАСТГОҲҲОИ ГАРМОЭНЕРГЕТИКӢ	112
МАВЗЌИ 12. СӢЗИШВОРИИ ЭНЕРГЕТИКӢ	112
12.1. Таъриби сӢзишворӣ	112
12.2. Таъсифи сӢзишворӣ	115
12.3. СӢзишвории моторӣ барои муҳаррикҳои дарунсӢзи сумбавӣ	117
МАВЗЌИ 13. ДЕГҲОИ САНОАТӢ	122
13.1. Деги саноатӣ ва ҷузьҳои он	122
13.2. Таҷҳизоти ёридиҳандаи деги саноатӣ	126
13.3. Мувозии гармии деги	129
МАВЗЌИ 14. ТАЪМИНОТИ КОРХОНАҲО БО ГАРМӢ	136
14.1. Системаҳои гармидиҳӣ	137
14.2. Ҳисоби талаботи корхона бо гармӣ	138
МАВЗЌИ 15. МАСЪАЛАҲОИ ЭКОЛОГИИ ИСТИФОДАИ ГАРМӢ	143
15.1. Газҳои захрнокӣ маҳсулоти сӢзиш	143
15.2. Таъсироти газҳои захрнок	146
15.3. Оқибатҳои асари гармхонавӣ	148
ЗАМИМАҲО	154
АДАБИЁТ	207

ҚИСМИ 1. ТЕРМОДИНАМИКАИ ТЕХНИКӢ МАВЗӢИ 1. МАФҲУМҲОИ АСОСӢ

1.1. Муқаддима

Техникаи гармо илмест, ки усулҳои истеҳсол, мубоддал, интиқол ва истифодабарии гармӣ, инчунин тарзи кор ва хусусиятҳои сохти мошинҳо ва дастгоҳҳои гармиро меомӯзад.

Гармӣ дар ҳама соҳаҳои фаъолияти инсон истифода бурда мешавад. Асосҳои назариявии техникаи гармӣ барои ҷорикунӣ тарзҳои истифодаи оқилонаи он, таҳлили сарфанокии равандҳои кори дастгоҳҳои гармӣ ва сохтани агрегатҳои гармии нави бартаринок зарур аст. Куллан ду самти гуногуни истифодабарии гармиро ҷудо мекунанд – энергетикӣ ва технологӣ. Ҳангоми *истифодабарии энергетикӣ* гармӣ ба кори механикӣ табдил меёбад, ки бо ёрии он дар генераторҳо нерӯи барқ, ки ба масофаи гуногун осон интиқол додан мумкин аст, ҳосил мешавад. Гармиро дар натиҷаи сӯзиши сӯзишворӣ дар дастгоҳҳои бугӣ ё ин ки дар муҳарриқҳои дарунсӯз ҳосил мекунанд. Ҳангоми *истифодабарии технологӣ* гармӣ барои тағйироти самтноки хосиятҳои ҷисмҳои гуногун истифода мешавад (гудозиш, булӯронӣ, тағйироти сохтор, хосиятҳои химиявӣ, механикӣ ва физикӣ). Миқдори захираҳои энергетикӣ истеҳсолшаванда ва истеъмолкунанда хеле калон аст.

Бобҳои назариявии фан *термодинамикаи техникӣ* ва *асосҳои назарияи мубодилаи гармӣ* мебошанд, ки дар онҳо қонунҳои табaddул, хосиятҳои энергияи гармӣ ва равандҳои паҳншавии гармиро таҳқиқ мекунанд.

Курси мазкур фанни умумитехникӣ буда, ҳангоми тайёр намудани мутахассисони соҳаи техника омӯзонида мешавад.

1.2. Системаи термодинамикӣ

Термодинамикаи техникӣ қонуниятҳои табaddули дута-рафаи гармӣ ва корро меомӯзад. Вай байни равандҳои

гармивӣ, механикӣ ва химиявӣ, ки дар мошинҳои гармӣ ва хунуккунӣ иҷро мешаванд, алоқа ҷорӣ мекунад, равандҳои дар газҳо (буғҳо) гузаранда, инчунин ҳосиятҳои ин ҷисмҳоро дар ҳолатҳои гуногуни физикӣ меомӯзад.

Термодинамика ба ду қонуни асосии термодинамикӣ таъяс мекунад:

Қонуни якуми термодинамика – қонуни табодул ва нигоҳдории энергия;

Қонуни дуҷуми термодинамика – шартҳои ҷоришавӣ ва самти равандҳои макроскопиро дар системаҳое, ки аз заррачаҳои миқдорашон зиёд иборатанд, қарор медиҳад.

Термодинамикаи техникӣ қонунҳои асосиро ба равандҳои табодули гармӣ ба қори механикӣ ва баръакс истифода бурда, имконияти қорқарди назарияи муҳаррикҳои гармӣ, тадқиқи равандҳои дар он гузаранда ва ғайраро медиҳад.

Объекти тадқиқот *системаи термодинамикӣ* мебошад, ки ба сифати он як гурӯҳ ҷисмҳо, ҷисм ё як қисми ҷисм шуда метавонад. Он ҷизе ки аз система берун ҷойгир аст, муҳити атроф номида мешавад. Системаи термодинамикӣ ин маҷмааи ҷисмҳои макроскопӣ мебошад, ки энергияшонро бо якдигар ё муҳити атроф иваз мекунанд. Масалан: системаи термодинамикӣ – газе, ки дар устувона ҷойгир шудааст, муҳити атроф бошад - устувона, сумба, ҳаво ва деворҳои бино.

Системаи изолятсияшуда – системаи термодинамикӣ мебошад, ки бо муҳити атроф алоқа надорад.

Системаи адиабатӣ (аз гармӣ изолятсияшуда) – система зиреҳи адиабатӣ дорад, ки мубодилаи гармиро бо муҳити атроф манъ мекунад.

Системаи якҷинса - системае, ки дар ҳамаи қисмҳои таркиб ва ҳосиятҳои физикии якхела дорад.

Системаи гомогенӣ - системаи якҷинса аз рӯи таркиб ва сохтори физикӣ, ки дар дохилаш сатҳи ҷудоиш надорад (об, ях, газҳо).

Системаи гетерогенӣ - системаи иборат аз якҷанд қисмҳои (ҷузъҳои) гомогенӣ бо ҳосиятҳои гуногуни физикӣ мебошад, ки яке аз дигараш бо сатҳи аён (ях ва об, об ва буғ) ҷудо шудааст.

Дар мошинҳои гармӣ кори механикӣ бо ёрии ҷисмҳои корӣ – газ, буг иҷро мешавад.

1.3. Параметрҳои ҳолат

Бузургӣҳое, ки ҳолати физикии ҷисмро тавсиф меку-
нанд, *параметрҳои ҳолати термодинамикӣ* номида мешавад.
Чунин параметрҳо ҳаҷми ҳос, фишори мутлақ, ҳарорати
мутлақ, энергияи дохилӣ, энталпия, энтропия, гилзатнокӣ
(консентратсия), гармиғунҷоиш ва ғайра мебошанд.

*Ҳангоми набудани майдонҳои қувваи беруна
ҳолати термодинамикии ҷисми якҷузъаро бо се
параметр – ҳаҷми ҳос, ҳарорат, фишор муайян
кардан мумкин аст.*

Фишор — мувофиқи назарияи молекулавӣ-кинетикӣ —
натиҷаи миёнаи зарбаҳои молекулаҳои газ, ки доимо дар
ҳаракати бетартибона мебошанд, ба девори зарф, ки газ дар он
маҳкам шудааст.

$$P = F / S ; [Па] = [Н/м^2] \quad (1.1)$$

Мувофиқи назарияи молекулавӣ-кинетикӣ фишори газ аз
таносуби зерин муайян карда мешавад

$$P = \frac{3}{2} n \frac{m \cdot \overline{c^2}}{2}, \quad (1.2)$$

дар ин ҷо n — миқдори молекулаҳо дар воҳиди ҳаҷм; m — мас-
саи молекула; c — суръати миёнаи мураббаи ҳаракати мунта-
зами молекулаҳо.

Воҳидҳои ғайрисистемавии фишор:

$$1 \text{ кгс/м}^2 = 9,81 \text{ Па} = 1 \text{ мм.сут.обӣ.}$$

$$1 \text{ ат. (атмосфераи техники)} = 1 \text{ кгс/см}^2 = 98,1 \text{ кПа.}$$

$$1 \text{ атм. (атмосфераи физикӣ)} = 101,325 \text{ кПа} = 760 \text{ мм.сут.сим.}$$

$$1 \text{ ат.} = 0,968 \text{ атм.}$$

1 мм.сут.сим. = 133,32 Па.

1 бар = 0,1 МПа = 100 кПа = 10^5 Па.

Фишорҳои атмосферӣ, изофавӣ, вакуумметрӣ ва мутлақро фарқ мекунанд.

Фишори изофавӣ ($P_{из}$) - фарқи байни фишори моеъ ё газ ва фишори муҳити атроф.

Фишори мутлақ (P) – фишорест, ки аз фишори сифри мутлақ ё вакууми мутлақ ҳисоб карда мешавад. Ин фишор параметри ҳолати термодинамикӣ мебошад.

Фишори мутлақ чунин муайян карда мешавад:

1) Ҳангоми фишори зарф аз фишори атмосферӣ баланд будан:

$$P = P_{из} + P_o; \quad (1.3)$$

2) Ҳангоми фишори зарф аз фишори атмосферӣ паст будан:

$$P = P_o - P_v; \quad (1.4)$$

дар ин ҷо P_o - фишори атмосферӣ;

P_v -фишори вакуумӣ.

Ҳарорат – дараҷаи гармии ҷисмро тавсиф мекунад, меёри энергияи кинетикии миёнаи ҳаракати пешравандаи молекулаҳои онро нишон медиҳад. Чи қадаре, ки суръати миёнаи ҳаракати молекулаҳо тез бошад, ҳамон қадар ҳарорати ҷисм баланд мешавад.

Қимати ададии он бо бузургии энергияи миёнаи кинетикии молекулаҳои модда вобаста мебошад:

$$\frac{m \cdot \overline{c^2}}{2} = \frac{3}{2} kT \quad (1.5)$$

дар ин ҷо k – доимии Болтсман, ки ба $1,380662 \cdot 10^{23}$ Ҷ/К баробар аст.

Асосан ду ҷадвали ченкунии ҳароратро истифода мебаранд: ҷадвали термодинамикӣ T бо градуси Келвин ($^{\circ}K$) ва

ҷадвали амалии байналмилалӣ t бо градуси Селсий ($^{\circ}\text{C}$). Вобастагии ин ҷадвалҳо чунин ифода меёбад:

$$T = t + 273,15. \quad (1.6)$$

Ба сифати параметри ҳолати термодинамикии система ҳарорати термодинамикӣ (T), яъне ҳарорати мутлақро қабул мекунанд. Вай доимо мусбӣ мебошад. Ҳангоми ҳарорати сифри мутлақ ($T=0$) ҳаракатҳои гармӣ қатъ мешаванд ва ин ҳаракат оғози ҳисобкунии ҳарорати мутлақ мебошад.

Ҳаҷми хос – бузургииест, ки бо нисбати ҳаҷми модда ба вазни он муайян карда мешавад:

$$v = V / m, [\text{м}^3/\text{кг}], \quad (1.7)$$

Зичии модда – бузургииест, ки бо нисбати вазни модда ба ҳаҷми он муайян карда мешавад:

$$\rho = m / V, [\text{кг}/\text{м}^3], \quad (1.8)$$

$$v = 1 / \rho; \rho = 1 / v; v \cdot \rho = 1. \quad (1.9)$$

1.4. Муодилаи ҳолат ва раванди термодинамикӣ

Параметрҳои асосии ҳолати термодинамикии P , v , T ҳисми якҷинса аз ҳамдигар вобаста буда, бо муодилаи математикии муайян алоқаманд мебошанд, ки *муодилаи ҳолат* номида мешавад:

$$f(P, v, T) = 0. \quad (1.10)$$

Ҳолати мувозинатӣ гуфта ҳолати ҳисро меноманд, ки ҳангоми он дар ҳама нуқтаҳои ҳаҷми он P , v , T ва дигар хосиятҳои физикӣ якхела мебошанд.

Маҷмааи тағйироти ҳолати системаи термодинамикӣ ҳангоми аз як ҳолат ба ҳолати дигар гузаштан **раванди термодинамикӣ** номида мешавад. Равандҳои термодинамикӣ мувозинатӣ ва ғайривозинатӣ мешаванд. Агар раванд аз ҳолати мувозинат гузарад, он гоҳ мувозинатӣ номида мешавад. Воқеан ҳамаи равандҳо ғайривозинатӣ мебошанд.

Агар ҳангоми раванди термодинамикии дилхоҳ тағйироти параметри ҳолат аз намуди раванд вобаста набуда, бо ҳолати аввала ва охира муайян карда шавад, он гоҳ параметри ҳолатро *функсияи ҳолат* меноманд. Чунин параметрҳо энергияи дохилӣ, энталпия, энтропия ва ғайра мебошанд.

Масъалаҳо барои такмилдиҳӣ:

1. Фишори мутлақи бугро дар дег ёбед, агар фишори манометр $P_m = 0,20$ МПа, фишори атмосферӣ аз рӯи фишорсанчи симобӣ ҳангоми $t = 25$ °C ба $B = 650$ мм. сут.сим. баробар бошад.
2. Ҳаҷми хосро ҳангоми $t = 90$ °C ва фишори 0,4 МПа муайян намоед. Газ – O_2 .
3. Массайи оксиген ёфта шавад, агар ҳаҷм 8 м³, фишор 0,9 МПа ва ҳарорат 150 °C бошад.

Саволҳои санҷишӣ:

1. Техникаи гармо чиро меомӯзад? Истифодаи гармӣ дар саноат.
2. Мафҳумҳои системаи термодинамикӣ, ҷисми корӣ, раванди термодинамикӣ.
3. Параметрҳои ҳолати ҷисми корӣ. Вобастагии онҳо. Воҳидҳои ченкунӣ.
4. Фишор. Усулҳои ченкунӣ. Воҳидҳои ченкунӣ. Фишори мутлақ.
5. Ҳарорати термодинамикӣ. Сифри мутлақ. Вобастагии ҷадвали ҳароратии Келвин ва Селсий.
6. Муодилаи ҳолати гази барои 1 кг ва вазни дилхоҳи он. Воҳидҳои ченкунӣ ва тавсифи бузургҳои таркибии ин муодила.
7. Доимии гази хос ва универсалӣ. Вобастагӣ байни онҳо.

Тестҳо барои назорати сатҳи дониш:

1. Асосгузори илми техникаи гармо кӣ мебошад?¹

¹ Телегин А. С. ва Лебедев Н. С. Конструкции и расчет нагревательных устройств. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Машиностроение», 1975. 380 с. с ил.

- а) Менделеев
 - б) Ломоносов
 - в) Пушкин
 - г) Нютон
 - д) Попов
2. Намудҳои фишорро муайян намоед.
- а) мутлақ, изофавӣ, вакуумӣ, атмосферӣ
 - б) нисбӣ, изофавӣ, нокофӣ, биосферӣ
 - в) нисбӣ, атмосферӣ, нокофӣ, **тропосферӣ**
 - г) мутлақ, нокофӣ, атмосферӣ, биосферӣ
 - д) атмосферӣ, нокофӣ, вакуумӣ
3. Воҳиди ченкунии фишор чист?
- а) Па
 - б) Н
 - в) $N \cdot m$
 - г) N/m
 - д) $Pa \cdot c$
4. Дараҷаи гармии ҷисмро чӣ тавсиф мекунад?
- а) миқдори гармӣ
 - б) гармигунҷоиш
 - в) ҳарорат
 - г) энергия
 - д) фишор
5. Воҳиди ченкунии ҳарорат чист?
- а) Паскал
 - б) Карно
 - в) Ҷоул
 - г) Келвин
 - д) Нютон
6. Вобастагии ҷадвалҳои ҳароратии Келвин ва Селсийро муайян намоед.

- а) $T = 273,15 - t$
- б) $T = t - 273,15$
- в) $T = t/273,15$
- г) $T = t + 273,15$
- д) $T = t * 273,15$

7. Муодилаи ҳолати термодинамикӣ чӣ намуд дорад?

- а) $f(p, v, t) = R$
- б) $f(p, v, t) = 1$
- в) $f(p, v, t) = 0$
- г) $f(p, v, t) = f(x, y, z)$
- д) $f(p, v, t) = e$

8. Қонуниятҳои табaddули дутарафаи гармӣ ва корро чӣ меомӯзад?

- а) гидродинамика
- б) термодинамикаи техникӣ
- в) таъминоти гармӣ
- г) назарияи мубодилаи гармӣ

9. Маҷмааи ҷисмҳои макроскопие, ки энергияшонро бо якдигар ё муҳит иваз мекунанд:

- а) системаи термодинамикӣ
- б) ҳолати термодинамикӣ
- в) ноқили гармӣ
- г) мошинҳои гармӣ
- д) раванди термодинамикӣ

10. Системаи термодинамикие, ки бо муҳити атроф алоқа надорад:

- а) системаи гомогенӣ
- б) системаи гетерогенӣ
- в) системаи изолятсияшуда
- г) системаи адиабатӣ
- д) системаи якҷинса

11. Нисбати ҳаҷми модда ба вазни он:

- а) зичӣ
- б) ҳаҷми хос
- в) вазни хос
- г) қувва

12. Ҳаҷми хос бо кадом формула ҳисоб карда мешавад?

а) $\rho = \frac{m}{v}$

б) $v = \frac{m}{\rho}$

в) $\rho = \frac{F}{S}$

г) $\rho = \frac{F}{v}$

д) $v = \frac{V}{F}$

МАВЗЎИ 2. ҚОНУНИ ЯКУМИ ТЕРМОДИНАМИКА

2.1. Гармӣ ва кор

Қисмҳое, ки хангоми ҷараёни раванди термодинамикӣ иштирок мекунанд, мубодилаи энергия мекунанд. Гузариши энергия аз як ҷисм ба ҷисми дигар бо ду роҳ амалӣ мешавад.

Тарзи якум хангоми расиши бевоситаи ҷисмҳое, ки ҳарорати гуногун доранд, тавассути мубодилаи энергияи кинетикӣ байни молекулаҳои ҷисмҳои ба ҳамдигар расанда ё гузарониши нурии энергияи дохилии ҷисмҳои нурпошанда тавассути мавҷҳои электромагнитӣ амалӣ мешавад. Хангоми ин энергия аз ҷисми ҳарораташ баланд ба ҷисми ҳарораташ паст мегузарад. Микдори энергияи бо тарзи якум аз як ҷисм ба дигараш додашуда, *миқдори гармӣ* – Q [Ҷ], ва тарзи он *гузариши энергия дар шакли гармӣ* номида мешавад.

Тарзи дуюм бо мавҷудияти майдонҳои қуввагӣ ё фишори берунӣ алоқаманд аст. Барои интиқоли энергия бо ин тарз ҷисм бояд дар майдони қуввагӣ ҳаракат кунад, ё ин ки тахти фишори берунӣ ҳаҷми худро тағйир диҳад. Яъне интиқоли энергия хангоми ҷойивазкунии пурра ё қисмии ҷисм дар фазо рух медиҳад. Дар ин ҳолат миқдори энергияи интиқолшуда – *кор* – L [Ҷ], ва тарзи интиқоли энергия *дар шакли кор* номида мешавад.

Миқдори энергия, ки ҷисм бо шакли кор гирифтааст, кори бар ҷисм иҷрошуда ва энергияи додашуда – кори сарфкардаи ҷисм номида мешавад.

Миқдори гармии ҷисм қабулкарда (дода) ва кори ҷисм иҷрокарда (сарфкарда) аз шароити гузариши ҷисм аз ҳолати аввала ба ҳолати охира, яъне аз характери раванди термодинамикӣ вобастаанд.

2.2. Энергияи дохилӣ

Дар ҳолати умумӣ *энергияи дохилӣ* гуфта маҷмӯаи ҳама намудҳои энергияро, ки дар ҷисм ё системаи ҷисмҳо мавҷуданд, меноманд. Ин энергияро ҳамчун суммаи намудҳои гуно-

гуни энергия тасвир кардан мумкин аст: энергияи кинетикии молекулаҳо (ҳаракати пешраванда ва даврзанандаи молекулаҳо), ҳаракати лаппиши атомҳо дар ҳуди молекула, энергияи электронҳо, энергияи дохилиҳастай, энергияи таъсири ҳамдигарии ҳастаи молекула ва электронҳо, энергияи потенциалии молекулаҳо.

Дар термодинамикаи техникӣ танҳо чунин равандҳое омӯхта мешаванд, ки дар онҳо тартибдихандаҳои кинетикӣ ва потенциалии энергияи дохилӣ тағйир меёбанд. Ҳангоми ин до-нистани қимати мутлақӣ энергияи дохилӣ талаб карда намеша-вад. Бинобар ин энергияи дохилии газҳои идеалӣ ба энергияи кинетикии ҳаракати молекулаҳо ва энергияи лаппиши ҳаракати атомҳо дар молекула баробар мебошад, барои газҳои воқеӣ энергияи потенциалии молекулаҳоро илова мекунамд.

Энергияи дохилӣ (U) функсияи ду параметри асосии ҳолати газ мебошад, яъне $U = f(P, T)$, $U = f(v, T)$ $U = f(P, v)$. Ба-рои ҳар як ҳолати ҷисми корӣ қимати муайяни параметри ҳолат мувофиқат мекунад, бинобар ин барои ҳар як ҳолати газ бузур-гии муайяни энергияи дохилӣ U мутавассиф мебошад, яъне U функсияи ҳолати газ мебошад. Ва фарқи энергияҳои дохилӣ барои ду ҳолати дилхоҳи ҷисми корӣ ё системаи ҷисмҳо аз роҳи гузариш аз ҳолати аввала ба ҳолати сонӣ вобастагӣ надорад.

2.3. Қонуни якуми термодинамика

Қонуни якуми термодинамика асоси назарияи термо-динамикӣ мебошад ва ҳангоми тадқиқоти равандҳои термо-динамикӣ аҳамияти калони татбиқӣ дорад. Ин қонун қо-нуни нигоҳдорӣ ва табaddули гармӣ мебошад:

«Энергия нест намешавад ва аз нав пайдо на-мешавад, вай фақат аз як шакл ба шакли дигар дар равандҳои гуногуни физикӣ мегузарад».

Барои равандҳои термодинамикӣ қонун вобастагии байни гармӣ, қор ва тағйироти энергияи дохилии системаи термодинамикиро чорӣ мекунад:

«Гармии ба система овардашуда барои тағйироти энергияи система ва иҷрои кор сарф мешавад».

Муодилаи қонуни якуми термодинамика намуди зеринро дорад:

$$Q = (U_2 - U_1) + L, \quad (2.1)$$

дар ин ҷо Q - миқдори гармии ба система овардашуда.

L - кори иҷрокардаи система.

$(U_2 - U_1)$ – тағйироти энергияи дохилӣ дар раванди додашуда.

Агар:

$Q > 0$ – гармӣ ба система оварда мешавад.

$Q < 0$ – гармӣ аз система бароварда мешавад.

$L > 0$ – корро система иҷро мекунад.

$L < 0$ – кор аз болои система иҷро мешавад.

Барои воҳиди массаи модда муодилаи қонуни якуми термодинамика ҷунин шакл дорад.

$$q = Q/m = (u_2 - u_1) + l. \quad (2.2)$$

Дар оянда ҳамаи формулаҳо ва муодилаҳо асосан бо воҳиди массаи модда дода мешаванд.

Қонуни якуми термодинамика нишон медиҳад, ки барои ҳосил кардани кори ғоиданок (L) дар муҳарриқи гармии доимоамалкунанда гармӣ (Q) овардан (сарф кардан) зарур аст.

«Муҳаррике, ки доимо кор иҷро мекунад ва ҳеҷ гуна энергия истеъмоли намекунад, муҳарриқи абадии ҷинси I номида мешавад».

Аз ин ҷо ғоидани ҷунини қонуни якуми термодинамикаро ифода кардан мумкин аст:

«Муҳарриқи абадии ҷинси якум имконнопазир аст».

2.4. Гармигунҷоиши газ

Гармигунҷоиши ҳақиқии қисми корӣ бо таносуби микдори гармии ба қисми корӣ овардашуда (баровардашуда) дар раванди термодинамикии мазкур ба тағйироти ҳарорати қисм муайян карда мешавад.

$$C = dQ / dT, [J / K]; \quad (2.3)$$

Гармигунҷоиш аз шароити беруна ё характери раванд, ки ҳангоми он гармӣ оварда ё бароварда мешавад, вобаста аст.

Гармигунҷоишҳои хоси зеринро фарқ мекунамд:

$$\text{массавӣ} - c = C / m, [J / kg]; \quad (2.4)$$

$$\text{молярӣ} - c_\mu = C / \nu, [J / \text{мол}], \quad (2.5)$$

дар ин ҷо ν – микдори модда [мол];

$$\text{ҳаҷмӣ} - c' = C / V = c \cdot \rho, [J / m^3], \quad (2.6)$$

дар ин ҷо $\rho = m / V$ – зичии модда.

Байни ин гармигунҷоишҳо чунин алоқамандӣ мавҷуд аст:

$$c = c' \cdot \nu = c_\mu / \mu,$$

дар ин ҷо $\nu = V / m$ – ҳаҷми хоси модда, $[m^3 / kg]$;

$\mu = m / \nu$ – массаи молярӣ (молекулавӣ), $[kg / \text{мол}]$.

Гармигунҷоиши газҳо аз шароитҳое, ки ҳангоми онҳо раванди гармшавӣ ё хунукшавии онҳо мегузарад, вобастагии қалон дорад.

Гармигунҷоиши ҳангоми фишори доимӣ (*изобарӣ*) ва ҳангоми ҳаҷми доимӣ (*изохорӣ*)–ро фарқ мекунамд.

Ҳамин тавр, гармигунҷоишҳои хоси зеринро ҷудо мекунамд:

c_p, c_v – гармигунҷоишҳои массавии изобарӣ ва изохорӣ;

$c_{p\mu}, c_{v\mu}$ – гармигунҷоишҳои молярии изобарӣ ва изохорӣ;

c_p, c_v – гармигунҷоишҳои ҳаҷмии изобарӣ ва изохорӣ.

Байни гармигунҷоишҳои изобарӣ ва изохорӣ вобастагии зерин мавҷуд аст:

$$c_p - c_v = R - \text{муодилаи Майер}; \quad (2.7)$$

$$c_{p\mu} - c_{v\mu} = R_\mu. \quad (2.8)$$

Гармигунҷоиш аз ҳарорат вобаста аст, ки дар маълумот, номаҳо дар намуди ҷадвал ҳамчун гармигунҷоиши миёна аз ҳарорати 0 то t_x оварда шудааст. Барои муайян намудани гармигунҷоиши миёна барои ҳарорати аз t_1 то t_2 формулаи зеринро истифода бурдан мумкин аст:

$$c|_{t_1}^{t_2} = (c|_0^{t_2} t_2 - c|_0^{t_1} t_1) / (t_2 - t_1) . \quad (2.9)$$

2.5. Муодилаи умумии ҳолати гази идеалӣ

Гази идеалӣ гуфта чунин газро меноманд, ки дар он қувваҳои кашиш ва теладиҳии ҳамдигарӣ байни молекулаҳо нестанд ва андозаҳои молекулаҳо ба инобат намегиранд. Ҳамаи газҳои воқеиро ҳангоми ҳароратҳои баланд ва фишорҳои паст ҳамчун газҳои идеалӣ ҳисобидан мумкин аст.

Муодилаи ҳолат чӣ барои газҳои идеалӣ ва чӣ барои воқеӣ аз рӯи муодилаи (1.10) бо се параметр навишта мешавад.

Муодилаи ҳолати гази идеалиро аз назарияи молекулавӣ-кинетикӣ ё ҳалли якҷояи қонунҳои Бойл-Мариотт ва Гей-Люссак ҳосил кардан мумкин аст. Ин муодила соли 1834 аз тарафи физики фаронсавӣ Клапейрон бароварда шуда буд ва барои 1 кг массаи газ чунин намуд дорад:

$$P \cdot v = R \cdot T , \quad (2.10)$$

дар ин ҷо R – доимии газӣ, ки кори 1 кг газро дар раванд ҳангоми доимии фишор ва тағйироти ҳарорат 1 градус будан нишон медиҳад.

Муодилаи (2.7) муодилаи термикии ҳолат ё муодилаи тавсифкунанда номида мешавад.

Барои миқдори дилхоҳи гази массааш m муодилаи ҳолат чунин мешавад:

$$P \cdot V = m \cdot R \cdot T . \quad (2.11)$$

Соли 1874 Д.И. Менделеев дар асоси қонуни Далтон («Дар ҳаҷмҳои якхелаи газҳои идеалии гуногун, ки ҳарорат ва фишо-

рашон якхела мебошад, миқдори якхелаи молекулаҳо мавҷуданд») муодилаи умумии ҳолатро барои 1 кг газ пешниҳод кард, ки *муодилаи Клапейрон-Менделеев* ном гирифт:

$$P \cdot v = R_{\mu} \cdot T / \mu, \quad (2.12)$$

дар ин ҷо μ – массаи молярии (молекулавии) газ, (кг/кмол); $R_{\mu} = 8314,20$ Ҷ/кмол (8,3142 кҶ/кмол) – доимии умумии (универсалӣ) газӣ, ки қори 1 кмол гази идеалиро дар раванд ҳангоми доимии фишор ва тағйироти ҳарорат 1 градус будан нишон медиҳад.

R_{μ} –ро доништа доимии газиро ёфтан мумкин аст: $R = R_{\mu} / \mu$.

Барои массаи дилҳохи газ муодилаи Клапейрон-Менделеев чунин намуд мегирад:

$$P \cdot V = m \cdot R_{\mu} \cdot T / \mu. \quad (2.13)$$

2.6. Омехтаи газҳои идеалӣ

Омехтаи газӣ гуфта омехтаи газҳои гуногунро, ки байни худ ба ягон намуди реаксияҳои химиявӣ наметаворанд, фаҳмида мешавад. Ҳар як газ (чӯзӣ) дар омехта мустақилона аз дигар газҳо ҳамаи хосиятҳояшро пурра нигоҳ медорад ва чунон амал мекунад, ки агар он худаш тамоми ҳаҷми омехтаро соҳиб бошад.

Фишори чӯзӣ – ин фишорест, ки ҳар як гази дар таркиби омехта буда медошт, агар он газ худаш бо ҳамон миқдор, дар ҳамон ҳаҷм ва ҳангоми ҳамон ҳарорат, ки дар омехта буд, мавҷуд бошад.

Омехтаи газӣ ба қонуни Далтон риоя мекунад:

«Фишори умумии омехтаи газҳо ба суммаи фишорҳои чӯзӣи газҳои гуногуни омехтаро тартибдиҳанда баробар мебошад».

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots P_n = \sum P_i, \quad (2.14)$$

дар ин ҷо $P_1, P_2, P_3 \dots P_n$ – фишорҳои чӯзӣ.

Таркиби омехта бо ҳиссаҳои ҳаҷмӣ, массавӣ ва молӣ дода мешавад, ки мувофиқан бо формулаҳои зерин муайян карда мешаванд:

$$r_1 = V_1 / V_{\text{ом}}; r_2 = V_2 / V_{\text{ом}}; \dots r_n = V_n / V_{\text{ом}}, \quad (2.15)$$

$$g_1 = m_1 / m_{\text{ом}}; g_2 = m_2 / m_{\text{ом}}; \dots g_n = m_n / m_{\text{ом}}, \quad (2.16)$$

$$r_1 = v_1 / v_{\text{ом}}; r_2 = v_2 / v_{\text{ом}}; \dots r_n = v_n / v_{\text{ом}}, \quad (2.17)$$

дар ин ҷо $V_1; V_2; \dots V_n; V_{\text{ом}}$ — ҳаҷмҳои ҷузьҳо ва омехта;

$m_1; m_2; \dots m_n; m_{\text{ом}}$ — массаҳои ҷузьҳо ва омехта;

$v_1; v_2; \dots v_n; v_{\text{ом}}$ — миқдори моддаи (киломол) ҷузьҳо ва омехта.

Барои гази идеалӣ мувофиқи қонуни Далтон:

$$r_1 = r'_1; r_2 = r'_2; \dots r_n = r'_n. \quad (2.18)$$

Азбаски $V_1 + V_2 + \dots + V_n = V_{\text{ом}}$ ва $m_1 + m_2 + \dots + m_n = m_{\text{ом}}$,

$$\text{он гоҳ } r_1 + r_2 + \dots + r_n = 1, \quad (2.19)$$

$$g_1 + g_2 + \dots + g_n = 1. \quad (2.20)$$

Ҳиссаҳои ҳаҷмӣ ва массавӣ чунин алоқамандӣ доранд:

$$g_1 = r_1 \cdot \mu_1 / \mu_{\text{ом}}; g_2 = r_2 \cdot \mu_2 / \mu_{\text{ом}}; \dots g_n = r_n \cdot \mu_n / \mu_{\text{ом}}, \quad (2.21)$$

дар ин ҷо: $\mu_1, \mu_2, \dots \mu_n, \mu_{\text{ом}}$ — массаи молекулавии ҷузьҳо ва омехта.

Массаи молекулавии омехта:

$$\mu_{\text{ом}} = \mu_1 r_1 + r_2 \mu_2 + \dots + r_n \mu_n. \quad (2.22)$$

Доимии газии омехта:

$$\begin{aligned} R_{\text{ом}} &= g_1 R_1 + g_2 R_2 + \dots + g_n R_n = \\ &= R_{\mu} (g_1 / \mu_1 + g_2 / \mu_2 + \dots + g_n / \mu_n) = \\ &= 1 / (r_1 / R_1 + r_2 / R_2 + \dots + r_n / R_n). \end{aligned} \quad (2.23)$$

Гармигунҷоиши ҳоси массавии омехта:

$$c_{p \text{ ом}} = g_1 c_{p1} + g_2 c_{p2} + \dots + g_n c_{pn}. \quad (2.24)$$

$$c_{v \text{ ом}} = g_1 c_{v1} + g_2 c_{v2} + \dots + g_n c_{vn}. \quad (2.25)$$

Гармигунҷоиши ҳоси молярии (молекулавии) омехта:

$$c_{p \mu \text{ ом}} = r_1 c_{p \mu 1} + r_2 c_{p \mu 2} + \dots + r_n c_{p \mu n}. \quad (2.26)$$

$$c_{v \mu \text{ ом}} = r_1 c_{v \mu 1} + r_2 c_{v \mu 2} + \dots + r_n c_{v \mu n}. \quad (2.27)$$

Масъалаҳо барои такмилдиҳӣ:

1. Дар нерӯгоҳ дар муддати 24 соат 60 т ангиштсанг бо гармии сӯзиши 29000 кҶ/кг сӯхта мешавад. Тавоноии миёнаи нерӯгоҳ ёфта шавад, агар ба қувваи барқ фақат 20 % гармии дар натиҷаи сӯзиши ангиштсанг ҳосилшаванда мубаддал мешавад.
2. Гармиғунҷоиши миёна C_{cp} барои ҳаво ҳангоми фишори доимӣ дар ҳудуди ҳароратҳои $t_1 = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_2 = 800\text{ }^{\circ}\text{C}$ ёфта шавад. Вобастагии гармиғунҷоиш аз аз ҳарорат ғайрихаттӣ мебошад.
3. Гармиғунҷоиши ҳаҷмии нитроген ҳангоми ҳаҷми доимӣ ва $c = \text{const}$ ёфта шавад.

Саволҳои санҷишӣ:

1. Энергияи дохилӣ ҳамчун функсияи ҳолати ҷисми корӣ.
2. Гармӣ ва кори раванди термодинамикӣ. Воҳиди ҷенкунии онҳо.
3. Таърифоти қонуни якуми термодинамика. Ифодаи математики он.
4. Гармиғунҷоиш чист? Намудҳои гармиғунҷоиш ва воҳидҳои ҷенкунии онҳо.
5. Гармиғунҷоиши изохорӣ ва изобарӣ. Қонуни Майер.
6. Гази идеалӣ чист? Муодилаи умумии ҳолати гази идеалӣ.
7. Омехтаҳои газӣ. Фишори ҷузъӣ. Қонуни Далтон.
8. Муодилаи ҳолати омехтаҳои газӣ. Муайян намудани бузургҳои ин муодила.

Тестҳо барои назорати сатҳи дониш:

1. Энергия аз як ҷисм ба ҷисми дигар бо ду усул мегузарад. Муайян намоед.
 - а) иҷрои кор ва табаддули масса
 - б) табаддули масса ва гузариши гармӣ
 - в) гузариши гармӣ ва фишордиҳӣ
 - г) фишордиҳӣ ва табаддули масса
 - д) иҷрои кор ва гузариши гармӣ

2. Микдори гармиро бо кадом воҳид чен мекунанд?
- а) Нютон
 - б) Ватт
 - в) Ҷоул
 - г) Паскал
 - д) Келвин
3. Корро бо кадом воҳид чен мекунанд?
- а) Нютон
 - б) Ватт
 - в) Ҷоул
 - г) Паскал
 - д) Келвин
4. Мувофиқи қонуни якуми термодинамика гармии ба система овардашуда сарф мешавад барои тағйироти энергияи система ва:
- а) гарм кардани ҷисм
 - б) мувозинат шудан
 - в) тағйир додани ҳолати ҷисм
 - г) иҷрои кор
 - д) талафот ба муҳити атроф
5. Ифодаи қонуни якуми термодинамикаро муайян намоед.
- а) $q = \Delta u + l$
 - б) $\Delta e = q + l$
 - в) $h = \Delta u + l$
 - г) $l = u + q$
 - д) $h = q + l$
6. Микдори гармие, ки барои тағйир додани ҳарорати 1 кг модда ба 1 К сарф мешавад:
- а) энтропия
 - б) энталпия
 - в) гармигунҷоиш
 - г) ҳарорат

д) селай гармӣ

7. Гармигунҷоиши ҳақиқӣ бо кадом формула муайян карда мешавад?

а) $c = \frac{dQ}{dT}$

б) $c = \frac{C}{m}$

в) $c = \frac{C}{p}$

г) $c = \frac{C}{V}$

д) $c' = \frac{c}{V}$

8. Ифодаи муодилаи Майерро муайян кунед:

а) $c_p - c_v = R$

б) $c_v - c_p = R$

в) $c_v + c_p = R$

г) $c_v \cdot c_p = R$

д) $c_v / c_p = R$

9. Муодилаи умумии ҳолати гази идеалиро муайян намоед:

а) $pV = RT$

б) $pV = mRT$

в) $pV = RT/\mu$

г) $pV = \text{const}$

д) $p = \text{const}$

10. Фишори умумии омехтаи газҳо ба суммаи фишорҳои ҷузъии газҳои гуногуни омехтаро тартибдиҳанда баробар мебошад. Ин қоидаи кадом қонун мебошад?

а) Майер

б) Менделеев

в) Далтон

г) Клапейрон

д) Ҷоул

МАЗЪИ 3. ҚОНУНИ ДУЮМИ ТЕРМОДИНАМИКА

3.1. Муқаррароти умумии қонуни дуоми термодинамика

Қонуни якуми термодинамика исбот менамояд, ки гармӣ метавонад ба кор табдил ёбад, кор бошад ба гармӣ, аммо шароитҳоро, ки ҳангоми онҳо ин табaddулоти имконпазиранд, муайян намесозад. Табаддули кор ба гармӣ доимо пурра ва бевосита ба амал меояд. Раванди баръакси табaddули гармӣ ба кор ҳангоми гузариши бифосилаи он танҳо дар шароити муайян имконпазир ва но-пурра мебошад. Гармӣ худ аз худ метавонад аз ҷисми харораташ баланд ба ҷисми харораташ паст гузарад. Гузариши гармӣ аз ҷисми хунук ба ҷисми гарм худ аз худ ба амал намеояд. Барои ин бояд энергияи иловагӣ сарф карда шавад.

Ҳамин тавр барои таҳлили ҳаматарафаи ин ҳодиса ва равандро ғайр аз қонуни якуми термодинамика қонуниятҳои иловагии дигар зарур аст. Чунин қонун қонуни дуоми термодинамика мебошад. Вай имконпазирии ин ё он равандро, самти чоришавии равандро, муддати ноилшавӣ ба мувозинати термодинамикӣ ва шароити ҳосилнамоии кори максималиро қорӣ менамояд.

Қоидаҳои қонуни дуоми термодинамика

Барои мавҷудияти муҳаррики гармӣ ду манбаъ – манбаи гармӣ ва манбаи сардӣ (муҳити атроф) лозим аст. Агар муҳаррики гармӣ танҳо аз як манбаъ кор кунад, онро муҳаррики абадии ҷинси дуоми меноманд.

Қоидаи 1 (қоидаи Оствалд):

«Муҳаррики абадии ҷинси дуоми имконнопазир аст».

Муҳаррики абадии ҷинси 1 ин муҳаррики гармие мебошад, ки дар он $L > Q_1$, дар ин ҳолат Q_1 - гармии овардашуда аст. Қонуни якуми термодинамика имконияти сохтани муҳаррики гармиро, ки гармии овардашударо Q_1 пурра ба кор L табдил медиҳад, яъне $L = Q_1$, фароҳам меоварад. Қонуни дуоми маҳдудияти зиёдтарро мегузорад ва мефармояд, ки кор бояд аз гармии овардашуда ба бузургии гармии баровардашуда – Q_2 кам бошад ($L < Q_1$), яъне $L = Q_1 - Q_2$.

Муҳаррики абадии чинси 2-ро амалӣ кардан мумкин аст, агар гармии Q_2 аз манбаи сардӣ ба манбаи гармӣ дода шавад. Аммо барои ин гармӣ бояд ихтиёран аз ҷисми сард ба ҷисми гарм гузарад, ки ин номумкин аст. Аз ин ҷо қоидаи дуум (қоидаи Клаузиус) бармеояд:

«Гармӣ ихтиёрона аз ҷисми сард ба ҷисми гарм гузашта наметавонад».

Барои кори муҳаррики гармӣ 2 манбаъ – гармӣ ва сардӣ лозим аст. Қоидаи 3-юм (қоидаи Карно):

«Дар ҳолате, ки фарқи ҳарорат вуҷуд дорад, иҷро шудани кор мумкин аст».

Ҳамаи ин қоидаҳо бо ҳам алоқаманд мебошанд, аз як қоида қоидаи дигарро ҳосил кардан мумкин аст.

3.2. Энтропия

Яке аз функцияҳои ҳолати системаи термодинамикӣ энтропия мебошад. **Энтропия** гуфта бузургии бо ифодаи зерин муайянкунандаро меноманд:

$$dS = dQ / T, [Ч/К] \quad (3.1)$$

ё ин ки барои энтропияи хос:

$$ds = dq / T. [Ч/(кг \cdot К)] \quad (3.2)$$

Энтропия функцияи ҳолати ҷисм мебошад, ки барои ҳар як ҳолат қимати муайянро соҳиб мешавад. Вай параметри экстенсивии (аз массаи модда вобаста аст) ҳолат буда, дар раванди термодинамикии дилхоҳ пурра бо ҳолати аввала ва охираи ҷисм муайян карда мешавад ва аз роҳи ҷоришавии раванд вобаста нест.

Энтропияро ҳамчун функцияи параметри асосии ҳолат муайян кардан мумкин аст:

$$S = f_1(P, V); S = f_2(P, T); S = f_3(V, T); \quad (3.3)$$

ё ин ки барои энтропияи хос:

$$s = f_1(P, v); s = f_2(P, T); s = f_3(v, T); \quad (3.4)$$

Азбаски энтропия аз намуди раванд вобастагӣ надорад ва аз ҳолати аввала ва охираи ҳолати ҷисми корӣ муайян мешавад,

барои ҳамин танҳо тағйироти онро дар раванди мазкур меёбанд, ки бо муодилаҳои зерин ёфтан мумкин аст:

$$\Delta s = c_v \cdot \ln(T_2/T_1) + R \cdot \ln(v_2/v_1); \quad (3.5)$$

$$\Delta s = c_p \cdot \ln(T_2/T_1) - R \cdot \ln(P_2/P_1); \quad (3.6)$$

$$\Delta s = c_v \cdot \ln(P_2/P_1) + c_p \cdot \ln(v_2/v_1). \quad (3.7)$$

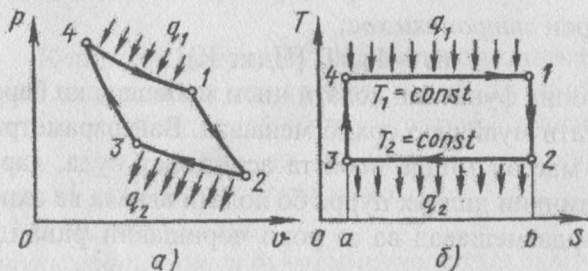
Агар энтропияи система афзоиш ёбад ($\Delta s > 0$), он гоҳ ба система гармӣ оварда мешавад.

Агар энтропияи система коҳиш ёбад ($\Delta s < 0$), он гоҳ аз система гармӣ бароварда мешавад.

Агар энтропияи система тағйир наёбад ($\Delta s = 0, s = \text{const}$), он гоҳ гармӣ ба система оварда ва аз система бароварда намешавад (раванди адиабатӣ).

3.3. Давр ва теоремаи Карно

Даври Карно гуфта даври доиравино меноманд, ки аз 2 раванди изотермӣ ва аз 2 раванди адиабатӣ иборат аст. Даври баргардандаи Карно дар диаграммаҳои p, v ва T, s (расми 3.1) нишон дода шудааст.



Расми 3.1. – Даври баргардандаи Карно дар p, v - (а) ва T, s – (б) диаграммаҳо

1-2 – васеъшавии адиабатии баргарданда ҳангоми $s_1 = \text{const}$ будан. Ҳарорат аз T_1 то T_2 паст мешавад.

2-3 – фишориши изотермӣ, баровардани гармии q_2 ба манбаи сардӣ аз ҷисми корӣ.

3-4 – фишориши адиабатии баргарданда ҳангоми $s_2 = \text{const}$ будан. Ҳарорат аз T_3 то T_4 баланд мешавад.

4-1 – васеъшавии изотермӣ, овардани гармии q_1 аз манбаи гармӣ ба ҷисми корӣ.

Тавсифи асосии даври дилхоҳ *зариби гармии кори фойданоки* (ЗГКФ) мебошад.

$$\eta_t = L_d / Q_d, \quad (3.8)$$

ё ин ки

$$\eta_t = (Q_1 - Q_2) / Q_1.$$

Барои даври баргардандаи Карно зариби гармии кори фойданоки бо чунин формула муайян карда мешавад:

$$\eta_{\text{тк}} = (T_1 - T_2) / T_1. \quad (3.9)$$

Аз ин ҷо теоремаи якуми Карно бармеояд:

«Зариби гармии кори фойданоки даври баргардандаи Карно аз ҳосиятҳои ҷисми корӣ вобаста нест ва танҳо бо ҳарорати манбаъҳо муайян мешавад».

Аз муқоисаи даври баргардандаи дилхоҳ ва даври Карно теоремаи 2-юми Карно ҳосил мешавад:

«Даври баргардандаи Карно даври муфидноктарин дар фосилаи додашудаи ҳароратҳо мебошад».

Яъне зариби гармии кори фойданоки даври Карно аз зариби даври дилхоҳ ҳамавақт зиёд аст:

$$\eta_{\text{тк}} > \eta_t. \quad (3.10).$$

Масъалаҳои барои тақмилдиҳӣ:

1. Қимати энтропияи 1 кг нитрогенро ҳангоми фишори доимӣ $P = 0,9$ МПа ва $t = 300$ °С муайян намоед. Гармигунҷошро доимӣ $C = \text{const}$ қабул кунед.
2. 1 кг оксиген таҳти ҳарорати 130 °С панҷкарата васеъ мешавад. Ҳангоми ин ҳарораташ то $t_2 = 25$ °С поён меравад. Тағйироти энтропияро муайян намоед. $C = \text{const}$.

Саволҳои санҷишӣ:

1. Энтропия чист? Тағйироти энтропия чӣ хел муайян карда мешавад?
2. Моҳияти қонуни дуҷуми термодинамика ва таърифоти он.

3. Даври термодинамикӣ чист? Даври роста ва баръакси Карно.
4. Зариби кори фойданоки даврҳои термодинамикӣ.

Тестҳо барои назорати сатҳи дониш:

1. Гармӣ ихтиёран аз ҷисми ҳарораташ пасттар ба ҷисми ҳарораташ баландтар гузашта наметавонад. Ин кондаи:
 - а) қонуни якуми термодинамика
 - б) қонуни дуёми термодинамика
 - в) қонуни сеюми термодинамика
 - г) муодилаи ҳолат
 - д) қонуни Фик
2. Барои амалӣ гардонидани кори доимии муҳаррикҳои гармӣ ҷисми корӣ чӣ бояд кунад?
 - а) лаппиш
 - б) гардиш
 - в) сӯзиш
 - г) давр
 - д) ҳақиш
3. Якумин даври пешниҳодшуда барои муҳаррикҳои гармӣ кадом давр мебошад?
 - а) Ломоносов
 - б) Менделеев
 - в) Клапейрон
 - г) Карно
 - д) Стирлинг
4. Воҳиди ҷенкунии энтропияро муайян кунед.
 - а) Д/кг
 - б) Д/К
 - в) Д/км
 - г) Д/соат
 - д) Д/Н

5. Самаранокии даврҳои термодинамикиро кадом бузургӣ ифода мекунад?
- а) зариби кори ғоиданок
 - б) зариби ҳоси сӯзиш
 - в) гармиғунҷоиш
 - г) микдори гармӣ
 - д) ҳарорати сӯзиш
6. Барои гузариши гармӣ аз ҷисми ҳарораташ баланд ба ҷисми ҳарораташ паст чӣ бояд кард?
- а) худаш мегазарад
 - б) сарфи энергия
 - в) хунук кардан
 - г) гарм кардан
 - д) изолятсия кардан
7. Барои гузариши гармӣ аз ҷисми ҳарораташ паст ба ҷисми ҳарораташ баланд чӣ бояд кард?
- а) худаш мегазарад
 - б) сарфи энергия
 - в) хунук кардан
 - г) гарм кардан
 - д) изолятсия кардан
8. Энтропия бо кадом формула муайян карда мешавад?
- а) $dS = \frac{dQ}{T}$
 - б) $dS = \frac{dT}{Q}$
 - в) $dS = \frac{dQ}{m}$
 - г) $dS = \frac{dQ}{\tau}$
 - д) $dS = \frac{dQ}{p}$
9. Зариби гармивии кори ғоиданоки даври Карноро бо кадом формула ҳисоб мекунанд?
- а) $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$
 - б) $\eta = \frac{T_2 - T_1}{T_1}$
 - в) $\eta = \frac{T_1 + T_2}{T_1}$
 - г) $\eta = \frac{T_1 + T_2}{T_2}$
 - д) $\eta = \frac{T_1}{T_1 - T_2}$

МАВЗЎИ 4. РАВАНДҲОИ ТЕРМОДИНАМИКӢ

4.1. Усулҳои тадқиқоти равандҳои термодинамикӣ

Чи тавре дар боло гуфта шудааст, қонуни якуми термодинамика алоқаи байни миқдори гармӣ, энергияи дохилӣ ва қорро барқарор мекунад. Ҳангоми ин миқдори гармии ба ҷисм овардашуда ё аз ҷисм баровардашуда аз характери раванд вобаста аст.

Ба равандҳои термодинамикии асосӣ равандҳои изохорӣ, изотермӣ, изобарӣ ва адиабатӣ мансубанд.

Барои ҳамаи ин равандҳо усули умумии тадқиқот мавҷуд аст, ки соҳиби моҳияти зерин мебошад:

- тасвир кардани муодилаи раванд бо қачхатта дар диаграммаҳои Pv ва Ts ;
- нишон додани вобастагӣ байни параметрҳои асосии ҷисми қорӣ дар аввал ва охири раванд;
- муайян кардани тағйироти энергияи дохилӣ бо формулаи умумӣ барои ҳама равандҳои гази ҳаёӣ:

$$\Delta u = c_{vm}|_0^{t_2} \cdot t_2 - c_{vm}|_0^{t_1} \cdot t_1. \quad (4.1)$$

ё ҳангоми гармигунҷоиши доимӣ: $\Delta U = m \cdot c_v \cdot (t_2 - t_1); \quad (4.2)$

- ҳисоб намудани қор: $L = P (\bar{V}_2 - \bar{V}_1); \quad (4.3)$
- муайян кардани миқдори гармии дар раванд иштироккунанда:

$$q = c_x \cdot (t_2 - t_1); \quad (4.4)$$

- муайян намудани тағйироти энталпия бо формулаи умумӣ барои ҳама равандҳои гази идеалӣ:

$$\Delta i = (i_2 - i_1) = c_{pm}|_0^{t_2} \cdot t_2 - c_{pm}|_0^{t_1} \cdot t_1, \quad (4.5)$$

ё ҳангоми гармигунҷоиши доимӣ: $\Delta i = c_p \cdot (t_2 - t_1); \quad (4.6)$

- муайян кардани тағйироти энтропия:

$$s = \Delta c_v \cdot \ln(T_2/T_1) + R \cdot \ln(v_2/v_1); \quad (4.7)$$

$$\Delta s = c_p \cdot \ln(T_2/T_1) - R \cdot \ln(P_2/P_1); \quad (4.8)$$

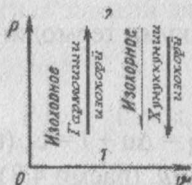
$$\Delta s = c_v \cdot \ln(P_2/P_1) + c_p \cdot \ln(v_2/v_1). \quad (4.9)$$

Ҳамаи равандҳо ҳамчун баргарданда ҳисобида мешаванд.

4.2. Изоравандҳои гази идеалӣ

1). Раванди изохорӣ (расми 4.1):

$$v = \text{Const}, v_2 = v_1. \quad (4.10)$$



Расми 4.1. – Раванди изохорӣ

Муодилаи ҳолати раванд:

$$P_2 \setminus P_1 = T_2 / T_1. \quad (4.11)$$

Азбаски $v_2 = v_1$, барои ҳамин $l = 0$ аст ва муодилаи қонуни якуми термодинамика чунин шаклро дорад:

$$q = \Delta u = c_v \cdot (t_2 - t_1); \quad (4.12)$$

2). Раванди изобарӣ (расми 4.2).

$$P = \text{Const}, P_2 = P_1$$



Расми 4.2. – Раванди изобарии гази идеалӣ

Муодилаи ҳолати раванд:

$$v_2 / v_1 = T_2 / T_1, \quad (4.13)$$

Кори ин раванд:

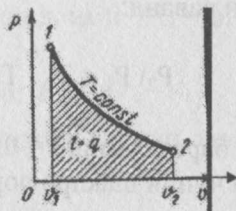
$$l = P \cdot (v_2 - v_1). \quad (4.14)$$

Муодилаи қонуни якуми термодинамика чунин шаклро дорад:

$$q = \Delta u + l = c_p \cdot (t_2 - t_1); \quad (4.15)$$

3). *Раванди изотермӣ* (расми 4.3).

$$T = \text{Const}, T_2 = T_1$$



Расми 4.3. – Раванди изотермии гази идеалӣ

Муодилаи ҳолат:

$$P_1 / P_2 = v_2 / v_1, \quad (4.16)$$

Азбаски $T_2 = T_1$, бинобар ин $\Delta u = 0$ ва қонуни якуми термодинамика чунин шаклро доро мешавад:

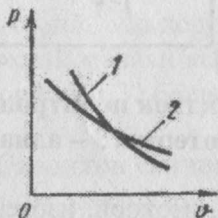
$$q = l = R \cdot T \cdot \ln(v_2 / v_1), \quad (4.17)$$

$$\text{ё } q = l = R \cdot T \cdot \ln(P_1 / P_2), \quad (4.18)$$

дар ин ҷо $R = R_{\eta} / \eta$ – доимии газӣ [$\text{Ҷ}/(\text{кг} \cdot \text{К})$].

4). **Раванди адиабатӣ** (расми 4.4).

Дар раванди мазкур мубодилаи гармӣ ҷой надорад, яъне $q=0$.



Расми 4.4. – Ҷойгиршавии хатҳои адиабата (1) ва изотермаи (2) гази идеалӣ дар P, v -диаграмма

Муодилаи ҳолат:

$$P \cdot v^{\lambda} = \text{Const}, \quad (4.19)$$

дар ин ҷо $\lambda = c_p / c_v$ – нишондихандаи адиабата.

Муодилаи қонуни 1 – уми термодинамика чунин шаклро мегирад:

$$l = -\Delta u = -c_v \cdot (t_2 - t_1) = c_v \cdot (t_1 - t_2), \quad (4.20)$$

ё ин ки

$$l = R \cdot (T_1 - T_2) / (\lambda - 1); \quad (4.21)$$

$$l = R \cdot T_1 \cdot [1 - (v_1 / v_2)^{\lambda-1}] / (\lambda - 1); \quad (4.22)$$

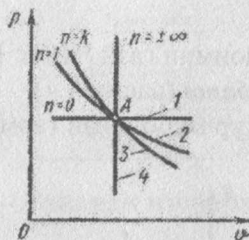
$$l = R \cdot T_2 \cdot [1 - (P_2 / P_1)^{(\lambda-1)/\lambda}] / (\lambda - 1). \quad (4.23)$$

4.3. Раванди политропӣ

Раванди политропӣ гуфта равандеро меноманд, ки ҳамаи ҳолатҳои он ба шароити зерин қаноат мекунад:

$$P \cdot v^n = \text{Const}, \quad (4.24)$$

дар ин ҷо n – нишондихандаи политропа, ки барои раванди мазкур доимӣ мебошад.



Расми 4.5. – Равандҳои политропии гази идеалӣ:
1 – изобара, 2 – изотерма, 3 – адиабата, 4 – изохора

Равандҳои изобарӣ, изохорӣ, изотермӣ и адиабатӣ ҳолати махсуси раванди политропӣ мебошанд (расми 4.5):

ҳангоми $n = \pm \infty$; $v = \text{const}$, (изохорӣ),

$n = 0$; $P = \text{const}$, (изобарӣ),

$n = 1$; $T = \text{const}$, (изотермӣ),

$n = \lambda$; $P \cdot v = \text{const}$, (адиабатӣ).

Кори раванди политропӣ монанди дар раванди адиабатӣ муайян мешавад:

$$l = R \cdot (T_1 - T_2) / (n - 1); \quad (4.25)$$

$$l = R \cdot T_1 \cdot [1 - (v_1/v_2)^{n-1}] / (n - 1); \quad (4.26)$$

$$l = R \cdot T_2 \cdot [1 - (P_2/P_1)^{(n-1)/n}] / (n - 1). \quad (4.27)$$

Гармии раванд:

$$q = c_n \cdot (T_2 - T_1), \quad (4.28)$$

дар ин ҷо $c_n = c_v \cdot (n - \lambda) / (n - 1)$ – гармигунҷоиши массавии раванди политропӣ (4.29).

Масъалаҳо барои тақмилдиҳӣ:

1. Дар зарфи ҳаҷмаш V нитроген таҳти фишори P_1 ва ҳарорати t_1 қарор дорад. Баъди хунуккунӣ ҳарорати он то t_2 паст шуд. Массаяи нитроген, фишори охира ва миқдори гармии баровардари муайян кунед.
2. Оксигени массааш M таҳти фишори аввалии P_1 ва t_1 то фишори P_2 васеъ мешавад. Параметрҳои ниҳой, миқдори гармӣ дар раванд, кор ва тағйироти энергияи дохилӣ ҳангоми васеъшавии изотермӣ ва адиабатӣ ёфта шавад.

Равандҳоро дар Pv ва TS диаграммаҳо бо масштаби дилҳоҳ тасвир кунед.

3. Ҳавои массааш M таҳти ҳарорати аввалаи t_1 ва фишори P_1 политропан бо нишондиҳандаи политропии n то фишори P_2 васеъ мешавад. Параметрҳои ҳаво дар охири раванди васеъшавии политропӣ, микдори гармӣ, кор ва тағйирёбии энергияи дохилӣ муайян карда шаванд, агар нишондиҳандаи политропӣ $n = 1,32$ бошад.

Саволҳои санҷишӣ:

1. Моҳияти тадқиқоти равандҳои термодинамикии ҳисми дилҳоҳ.
2. Равандҳои асосии гази идеалиро дар P, v ва T, s – диаграммаҳо тасвир намоед ва онҳоро тавсиф диҳед.
3. Нишондиҳандаи политропа дар равандҳои термодинамикӣ чӣ хел тағйир меёбад?
4. Параметрҳои асосӣ дар равандҳои термодинамикӣ чӣ хел алоқамандӣ доранд?
5. Тағйироти энтропия ва кор дар равандҳои термодинамикӣ.

Тестҳо барои назорати сатҳи дониш:

1. Ҳолати ҳисми корӣ дар диаграммаҳо чӣ хел тасвир мешавад?
 - а) нуқта
 - б) хати қатъ
 - в) сатҳ
 - г) ҳисм
 - д) фигура
2. Муодилаи умумии политропаро муайян намоед:
 - а) $p v = \text{const}$
 - б) $p v^k = \text{const}$
 - в) $p v^n = \text{const}$
 - г) $p v T = \text{const}$
 - д) $p v^n / T = \text{const}$

3. Равандҳои термодинамикӣ дар диаграммаҳо чӣ хел тасвир мешаванд?

- а) нуқта
- б) хати қатъ
- в) сатҳ
- г) ҷисм
- д) фигура

4. Равандҳои изохорӣ ҳангоми доимияти кадом бузургӣ мегузаранд?

- а) фишор
- б) ҳаҷм
- в) ҳарорат
- г) энтропия
- д) энталпия

5. Равандҳои изобарӣ ҳангоми доимияти кадом бузургӣ мегузаранд?

- а) фишор
- б) ҳаҷм
- в) ҳарорат
- г) энтропия
- д) энталпия

6. Равандҳои изотермӣ ҳангоми доимияти кадом бузургӣ мегузаранд?

- а) фишор
- б) ҳаҷм
- в) ҳарорат
- г) энтропия
- д) энталпия

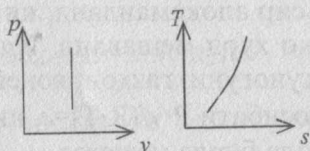
7. Равандҳои адиабатӣ ҳангоми доимияти кадом бузургӣ мегузаранд?

- а) фишор

- б) ҳаҷм
- в) ҳарорат
- г) энтропия
- д) энталпия

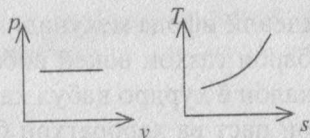
8. Дар диаграммаҳо кадом раванд тасвир шудааст?

- а) изобарӣ
- б) изохорӣ
- в) изотермӣ
- г) адиабатӣ
- д) политропӣ ($n=?$)



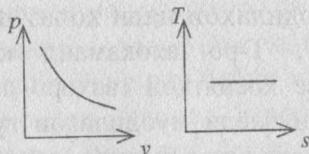
9. Дар диаграммаҳо кадом раванд тасвир шудааст?

- а) изобарӣ
- б) изохорӣ
- в) изотермӣ
- г) адиабатӣ
- д) политропӣ ($n=?$)



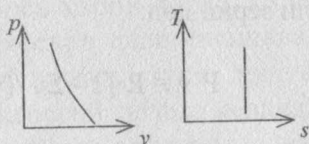
10. Дар диаграммаҳо кадом раванд тасвир шудааст?

- а) изобарӣ
- б) изохорӣ
- в) изотермӣ
- г) адиабатӣ
- д) политропӣ ($n=?$)



11. Дар диаграммаҳо кадом раванд тасвир шудааст?

- а) изобарӣ
- б) изохорӣ
- в) изотермӣ
- г) адиабатӣ
- д) политропӣ ($n=?$)



МАВЗЎИ 5. ГАЗҲОИ ВОҶЕӢ. БУӢИ ОБӢ. ҲАВОИ НАМ

5.1. Хосиятҳои газҳои воҷеӢ

Газҳои воҷеӢ аз газҳои идеали бо он фарқ мекунанд, ки молекулаҳои ин газҳо ҳаҷм доранд ва байни ҳам бо қувваҳои ҳамтаъсир алоқаманданд, ки бо афзоиши масофаи байни молекулаҳо хурд мешаванд. Ҳангоми ҳисобҳои амалии хосиятҳои гуногуни газҳои воҷеӢ дар қатори муодилаҳои ҳолат муносибати $P \cdot v / (R \cdot T) = c$, ки *зариби фишурдашавӣ* меноманд, истифода бурда мешавад.

Азбаски барои газҳои идеали дар шароити дилхоҳ $P \cdot v = R \cdot T$ мебошад, пас барои ин газҳо $c=1$ мешавад. Он гоҳ бузургии зариби фишурдашавӣ тамоюли хосиятҳои гази воҷеиро аз хосиятҳои гази идеали ифода мекунанд.

Бузургии c барои газҳои воҷеӢ вобаста аз фишор ва ҳарорат қимати аз як калон ё хурдро қабул карда метавонад ва танҳо ҳангоми фишорҳои паст ва ҳароратҳои баланд вай тақрибан ба як баробар аст. Он гоҳ газҳои воҷеиро ҳамчун идеали ҳисобидан мумкин аст.

Бо сабаби фарқи хосиятҳои гази воҷеӢ аз хосиятҳои гази идеали бояд муодилаҳои нави ҳолат дошта бошем, ки онҳо қиматҳои P , v , T -ро алоқаманд кунанд ва имконияти ҳисобкунии баъзе хосиятҳои газҳоро дар шароитҳои гуногун диҳанд. Шумораи зиёди муодилаҳои гуногуни ҳолати газҳои воҷеӢ пешкаш карда шуда буданд, аммо ягонтои онҳо масъаларо барои ҳолати умумӣ ҳал намекунад. Рушди назарияи кинетикии газҳо имконияти сохтани муодилаи аниқ ҳолати газҳои воҷеиро дар шакли зерин дод:

$$P \cdot v = R \cdot [1 - \sum v / (v + 1) \cdot B_v / v^v]. \quad (5.1)$$

B_v — *зарибе*, ки ба воситаи энергияи потенциали таъсироти молекулаҳои гази мазкур ва ҳарорат ифода меёбад.

Вале ин муодила дар намуди умумӣ барои ҳисоби бевоситаи газҳои воҷеӢ истифода бурда намешавад. Барои ҳолатҳои

чудогона муодилаи ин ё он гази воқеӣ ҳосил шудаанд. Аз сабаби душвории ҳисоботи зарибҳо одатан бо ҳисоби ду зариви аввал маҳдуд мешаванд.

Он гоҳ муодила чунин намудро мегирад:

$$P \cdot v = R \cdot (1 - A/v - B/v^2), \quad (5.2)$$

дар ин ҷо A ва B – зарибҳои якум ва дуҷум, ки танҳо функсияи ҳарорат мебошанд.

Ҳангоми ҳисоби ҳосиятҳои газҳои воқеӣ муодилаҳои зикршуда васеъ паҳн шудаанд.

5.2. Муодилаи ҳолати гази воқеӣ

Аз ҳама муодилаи оддӣ ва сифатан дурусти рафтори гази воқеиро инъикоскунанда ин *муодилаи Ван-дер-Ваалс* мебошад:

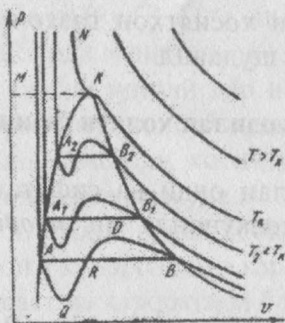
$$(P + a/v^2) \cdot (v - b) = R \cdot T. \quad (5.3)$$

дар ин ҷо a , b – бузургҳои доимӣ, якумин қувваи таъсири дутарафaro ва дуҷумин андозаи молекулаҳоро ба инобат мегирад.

a/v^2 – фишори иловагиро тавсиф мекунад, ки таҳти он гази воқеӣ дар натиҷаи қувваҳои кашиши байни молекулаҳо ҷойгир аст ва фишори дохилӣ номида мешавад. Барои ҳисмҳои моеъ ин фишор қимати калон дорад (масалан, барои оби ҳарораташ 20°C 1050 МПа), барои газҳо бошад аз сабаби қувваи ками кашиши молекулаҳо вай хеле паст мебошад. Барои ҳамин фишори берунӣ, ки таҳти он моеъ қарор дорад, ба ҳаҷми он таъсири ночиз мерасонад ва моеъро фишорнашаванда меҳисобанд. Дар газҳо бо сабаби қимати хурд доштани a/v^2 фишори берунӣ ҳаҷми онҳоро ба осонӣ тағйир медиҳад.

Муодилаи Ван-дер-Ваалс рафтори моддаҳои моеъ ва газиро сифатан дуруст нишон медиҳад, аммо истифодаи он барои ҳолатҳои дуфазагӣ имконнопазир аст.

Дар диаграммаи Pv (расми 5.1) изотермаҳои аз рӯи муодилаи Ван-дер Ваалс сохташуда нишон дода шудааст. Аз қачхатҳо дида мешавад, ки ҳангоми ҳароратҳои нисбатан паст қитъаҳои мавҷмонанд мавҷуданд. Чи қадар ҳарорат баланд бошад, ҳамон қадар ин қисми қачхатҳо кӯтоҳ мешаванд. Ин қачхатҳои мавҷмонанд гузариши бифосиларо аз ҳолати моеъ ба ҳолати бугӣ ҳангоми ҳарорати додашуда нишон медиҳанд. Нуқтаи А ба ҳолати моеъ мувофиқат мекунад, нуқтаи В бошад ба ҳолати буги модда мансуб аст.



Расми 5.1. – Изотермаҳои аз рӯи муодилаи Ван-дер Ваалс сохташуда

Дар ҳақиқат гузариш аз ҳолати моеъ ба ҳолати бугӣ доимо тавассути ҳолати дуфазагии модда ба амал меояд. Ҳангоми ин дар ҳарорати додашуда раванди гузариш ҳамчун дар фишори доимӣ амалӣ мешавад. Ин гузариши ҳақиқӣ аз ҳолати моеъ ба ҳолати бугӣ бо хати рости АВ тасвир мешавад.

Ҳангоми ҳарорати муайян изотермаи муодилаи Ван-дер-Ваалс қитъаи мавҷмонандро надорад (нуқтаи К). Ин ҳароратро *ҳарорати бӯҳронӣ* меноманд. Агар нуқтаҳои $A_1, A_2, A_3 \dots$ ва $B_1, B_2, B_3 \dots$ –ро пайваст кунем, қачхатаи ба парабола монандро ҳосил мекунем. Қачхатаи АК қачхаттаи поёнии сарҳадӣ номида мешавад, ва ба ҳолати чӯшиши моеъ мувофиқат мекунад. Қачхатаи КВ қачхаттаи болоии сарҳадӣ номида мешавад, ва ба ҳолати гази сери хушк мувофиқат мекунад.

Ҳамин тавр, барои моддаи воқеӣ Pv диаграммаро ба се минтақа тақсим кардан мумкин аст:

1 – минтақаи ҳолати моеъ, аз қачхатаи поёнии сарҳадӣ чаптар ҷойгир шудааст;

2 – минтақаи ҳолати дуфазагӣ (буғи нам), дар байни қачхатаҳои поёнӣ ва болоии сарҳадӣ ҷойгиранд;

3 – минтақаи буғи сӯхта, аз қачхатаи болоии сарҳадӣ росттар ва аз нуқтаи бӯҳронӣ болотар ҷойгир мебошад. Шартан сарҳади моеъ аз боло бо хати КМ – изобараи бӯҳронӣ маҳдуд мешавад.

Ҳарорати бӯҳрониро Д.И.Менделеев ҳарорати ҷӯшиши мутлақ меномид, ки ҳангоми он кашиши сатҳӣ дар моеъ баробари сифр мешавад, яъне фарқи байни моеъ ва ҳолати буғии модда (буғи сер) нест мешавад. Параметрҳои бӯҳронӣ ва доимӣҳои муодилаи Ван-дер-Ваалс чунин алоқаманданд:

$$T_K = 8 \cdot a / (27 \cdot R \cdot b) ; P_K = a / (27 \cdot b^2) ; \quad (5.4)$$

$$a = (27 \cdot R^2 \cdot T_K^2) / (64 \cdot P_K) ; b = (27 \cdot R \cdot T_K) / (8 \cdot P_K). \quad (5.5)$$

Муодилаи Ван-дер-Ваалс ҳангоми зичии калони газ хатогиҳои назаррас медиҳад. Ба ғайр аз ин таҷрибаҳо нишон медиҳанд, ки зарибҳои a , b аз ҳарорат ва фишор вобастаанд, ва ин вобастагӣ хеле мураккаб мебошад.

М.П.Вукалович ва И.И.Новиков соли 1939 муодилаи нави умумии ҳолати газҳои воқеиро бо дарназардошти ассотсиатсия ва диссоциатсияи молекулаи онҳо пешниҳод намуданд, ки чунин намуд дорад:

$$(P + a/v^2) \cdot (v - b) = R \cdot T (1 - C / (v \cdot T^{(3+2m)/2})), \quad (5.6)$$

дар ин ҷо a , b – доимӣҳои муодилаи Ван-дер-Ваалс;

C , m – доимӣҳое, ки таҷрибавӣ муайян карда мешаванд.

5.3. Мафҳуми буғи обӣ

Яке аз ҷисмҳои кори паҳншуда дар турбинаҳои буғӣ, мошинҳои буғӣ, дастгоҳҳои атомӣ ва нокили гармӣ дар гармивазкунаҳои гуногун буғи обӣ мебошад.

Буғ – ҷисми газмонанд дар ҳолати ба моеи ҷӯшидаистода наздик.

Буғҳосилшавӣ – раванди табaddули модда аз ҳолати моеъ ба буғ.

Буғшавӣ – буғҳосилшавие, ки ҳангоми ҳарорати дилхоҳ аз сатҳи моеъ ба амал меояд.

Ҳангоми ягон ҳарорати муайян, ки аз намуди моеъ ва фишоре, ки таҳти он моеъ мебошад, вобаста аст, буғҳосилшавӣ дар тамоми ҳаҷми моеъ сар мешавад. Ин равандро **ҷӯшиш** меноманд.

Раванди баръакси буғҳосилшавиро **тарком** меноманд. Вай ҳам таҳти ҳарорати доимӣ сураи мегирад.

Раванди гузариши моддаи саҳт бевосита ба буғ **сублиматсия** номида мешавад. Раванди баръакси гузариши буғро ба ҳолати саҳт **десублиматсия** меноманд.

Ҳангоми буғшавии моеъ дар фазои маҳдуд (дар деғҳои буғӣ) ҳамаи замон ҳодисаи акс рух медиҳад – буғ тарком мешавад. Агар суръати тарком ба суръати буғшавӣ баробар шавад, он гоҳ мувозинати динамикӣ фаро меавад. Буғе, ки дар ин ҳолат зичии максималиро соҳиб шудааст, **буғи сер** ном дорад.

Агар ҳарорати буғ аз ҳарорати буғи сери ҳамаи фишор баландтар бошад, он гоҳ чунон буғро **буғи сӯхта** меноманд. Фарқи байни ҳарорати буғи сӯхта ва буғи сер **дараҷаи сӯхташавӣ** ном дорад. Азбаски ҳаҷми ҳоси буғи сӯхта аз ҳаҷми ҳоси буғи сер зиёдтар мебошад, он гоҳ зичии буғи сӯхта аз зичии буғи сер хурд аст. Барои ҳамаи буғи сӯхта **буғи носер** мебошад.

Дар лаҳзаи буғшавии қатраи охири моеъ дар фазои маҳдуд бе тағйироти ҳарорат ва фишор **буғи хушки сер** ҳосил мешавад. Ҳолати чунон буғ бо як параметр – фишор муайян карда мешавад.

Омехтаи механикии буғи хушк ва қатраҳои хурдтарини моеъро *буғи_нам* меноманд.

Ҳиссаи массавии буғи хушк дар буғи нам *дараҷаи хушкӣ* – x ном дорад.

$$x = m_{бх} / m_{бн}, \quad (5.7)$$

$m_{бх}$ – массаи буғи хушк дар буғи нам;

$m_{бн}$ – массаи буғи нам.

Ҳиссаи массавии моеъ дар буғи нам *дараҷаи намӣ* – y номида мешавад.

$$y = 1 - x. \quad (5.8)$$

Барои моеи ҷӯшанда ҳангоми ҳарорати сершавӣ $x = 0$, барои буғи хушк – $x = 1$.

5.4. Тавсифи ҳавои нам

Ҳавои атмосферӣ, ки асосан аз оксиген, нитроген, газӣ карбон иборат аст, дар таркибаш ҳамавақт ягон миқдор буғи обӣ дорад.

Омехтаи ҳавои хушк ва буғи обиро *ҳавои нам* меноманд.

Ҳавои нам ҳангоми фишор ва ҳарорати муайян дар таркибаш миқдори гуногуни буғи обиро доштаниш мумкин аст. Агар омехта аз ҳавои хушк ва буғи сери об иборат бошад, он гоҳ онро *ҳавои нами сер* меноманд. Дар ин ҳолат дар ҳавои нам миқдори зиёдтарини имконпазири буғи обӣ барои ҳарорати додашуда мавҷуд аст. Ҳангоми хунуккунии ин ҳаво буғи обӣ тарқом мешавад. Фишори ҷузъии буғи обӣ дар ин омехта ба фишори сершавӣ ҳангоми ҳамин ҳарорат баробар мебошад.

Агар ҳавои нам ҳангоми ҳарорати муайян дар таркибаш буғи обиро дар ҳолати сӯхта дошта бошад, он гоҳ онро *ҳавои носер* меноманд. Азбаски дар таркиби он миқдори зиёдтарини имконпазири буғи обӣ вучуд надорад, бинобар ин вай қобилияти намшавиро дорост. Барои ҳамин чунин ҳаворо ба сифати

агенти хушккунӣ дар дастгоҳҳои хушккунии гуногун истифода мебаранд.

Мувофиқи қонуни *Далтон* фишори умумии ҳавои нам ба суммаи фишорҳои ҷузъии ҳавои хушк ва буғи обӣ, ки ба таркиби он дохил мешаванд, баробар аст:

$$P = P_x + P_6, \quad (5.9)$$

дар ин ҷо: P_x — фишори ҷузъии ҳавои хушк;

P_6 — фишори ҷузъии буғи обӣ.

Қимати максималии P_6 ҳангоми ҳамин ҳарорати ҳавои нам t *фишори буғи сери об* — P_c мебошад.

Барои ёфтани фишори ҷузъии буғ асбоби махсус — гигрометрро истифода мебаранд. Бо ёрии ин асбоб *нуқтаи шабнамро* муайян мекунанд, яъне ҳароратеро ($t_{ш}$), ки то он ҳаворо ҳангоми фишори доимӣ бояд хунук кард, ки вай ҳавои сер шавад. Нуқтаи шабнамро доништа, аз ҷадвалҳои фишори ҷузъии буғро дар ҳаво ҳамчун фишори сершавии (P_c) ба нуқтаи шабнам $t_{ш}$ мувофиқ муайян кардан мумкин аст.

Намнокии мутлақи ҳаво гуфта миқдори буғҳои обие, ки дар 1 м^3 ҳавои нам мавҷудааст, меноманд. Намнокии мутлақ ба зичии буғ ҳангоми фишори ҷузъии он ва ҳарорати ҳаво — t_n баробар аст.

Нисбати намнокии мутлақи ҳавои носер ҳангоми ҳарорати додашуда ба намнокии мутлақи ҳавои сер ҳангоми ҳамин ҳарорат намнокии нисбии ҳаво номида мешавад:

$$\varphi = c_6 / c_c \text{ ё ин ки } \varphi = c_6 / c_c \cdot 100 \%, \quad (5.10)$$

Барои ҳавои хушк $\varphi = 0$, носер $\varphi < 1$, сер $\varphi = 1(100\%)$.

Агар буғи обӣ ҳамчун гази идеалӣ ҳисобида шавад, он гоҳ мувофиқи қонуни Бойл-Мариотт таносуби зичиҳоро бо таносуби фишорҳо иваз кардан мумкин аст. Он гоҳ:

$$\varphi = \rho_6 / \rho_c \text{ ё ин ки } \varphi = P_6 / P_c \cdot 100\%. \quad (5.11)$$

Зичии ҳавои нам аз массаҳои дар 1 м^3 ҳавои хушк ва буғи обӣ мавҷудбуда ҳамъ мешавад:

$$\rho = \rho_x + \rho_b = P_x / (R_x \cdot T) + \phi / v \quad (5.12)$$

Массаи молекулавии ҳавои нам бо формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$\mu = 28,95 - 10,934 \phi P_c / P \quad (5.13)$$

Қиматҳои P_c ва v барои ҳарорати ҳавои t аз ҷадвали буғи обӣ гирифта мешавад, ϕ – аз нишондоди психрометр, P – аз рӯи барометр.

Намидороият – ин таносуби массаи буғ ба массаи ҳавои хушк мебошад:

$$d = M_b / M_x, \quad (5.14)$$

дар ин ҷо: M_b , M_x – мувофиқан массаҳои буғ ва ҳавои хушк дар таркиби ҳавои нам.

Намидороият бо намнокии нисбӣ чунин алоқаманд аст:

$$d = 0,622 \phi \cdot P_c / (P - \phi \cdot P_c). \quad (5.15)$$

Доимиҳои газӣ:

$$R = 8314 / \mu = 8314 / (28,95 - 10,934 \cdot \phi \cdot P_c / P). \quad (5.16)$$

Ҳаҷми ҳавои нам, ки ба 1 кг ҳавои хушк рост меояд:

$$V_{x,n} = R \cdot T / P. \quad (5.17)$$

Ҳаҷми ҳоси ҳавои нам:

$$v = V_{x,n} / (1 + d). \quad (5.18)$$

Гармигунҷоии ҳоси массавии омехтаи буғу ҳаво:

$$C_{om} = c_x + d \cdot c_b. \quad (5.19)$$

Масъалаҳо барои такмилдиҳӣ:

1. Энталпия ва энергияи дохилии буги сери намро ҳангоми $P = 1,5$ МПа ва дараҷаи хушкӣ $x = 0,95$ будан муайян намоед.
2. Энергияи дохилии буги сери хушкро ҳангоми $P = 2,0$ МПа будан муайян намоед.
3. Ҳолати буги обиро муайян кунед, агар фишор $0,8$ МПа ва ҳарорат $t = 200$ °C бошад.
4. Энтропияи буги сери намро ҳангоми $P = 2,5$ МПа ва дараҷаи хушкӣ $x=0,8$ будан ёбед.

Саволҳои санҷишӣ:

1. Фарқи гази идеалӣ аз гази воқеӣ.
2. Муодилаи ҳолати гази воқеӣ.
3. Таъиноти буги обӣ. Хосиятҳои термодинамикии об ва буг.
4. Раванди бугҳосилшавиро дар Pv - диаграммаҳо тасвир намоед. Нуктаи К чиро мефаҳмонад?
5. Дараҷаи хушкӣ чист?
6. Ҳавои нам ва параметрҳои он.

Тестҳо барои назорати сатҳи дониш:

1. Муодилаи Ван-дер-Ваалс ин муодилаи ҳолати чӣ хел газ мебошад?
 - а) идеалӣ
 - б) воқеӣ
 - в) омехтаи газҳои идеалӣ
 - г) омехтаи газҳои воқеӣ
 - д) материалӣ
2. Гази идеалӣ гуфта чӣ хел нуктаро мегӯянд?
 - а) биологӣ
 - б) геометрӣ
 - в) математикӣ
 - г) физикӣ
 - д) географӣ

3. Ҳиссаи массавии буғи сери хушкро дар буғи нам чӣ мегӯянд?

- а) намнокӣ
- б) энталпия
- в) дараҷаи хушкӣ
- г) дараҷаи серӣ
- д) дараҷаи намӣ

4. Дар диаграммаи буғҳосилшавӣ нуқтаи К чӣ хел нуқта мебошад?

- а) серӣ
- б) бўҳронӣ
- в) максималӣ
- г) математикӣ
- д) назоратӣ

5. Миқдори буғҳои обие, ки дар таркиби 1 м^3 ҳавои нам мавҷуд аст, чист?

- а) зичӣ
- б) намидороият
- в) намнокӣ
- г) дараҷаи намӣ
- д) дараҷаи хушкӣ

6. Буғҳосилшавие, ки аз сатҳи моеъ ҳангоми ҳарорати дилхоҳ ба амал меояд, чӣ ном дорад?

- а) бухоронӣ
- б) буғшавӣ
- в) сӯзиш
- г) ҷӯшиш
- д) сублиматсия

7. Буғҳосилшавие, ки аз тамоми ҳаҷми моеъ ҳангоми ҳарорати муайян ба амал меояд, чӣ ном дорад?

- а) бухоронӣ

- б) бӯғшавӣ
- в) сӯзиш
- г) ҷӯшиш
- д) сублиматсия

8. Ҳавои нам ин омехтаи ҳавои хушк бо чӣ мебошад.

- а) дудҳо
- б) газҳои партов
- в) бӯғи обӣ
- г) ҷангу губор
- д) гази карбон

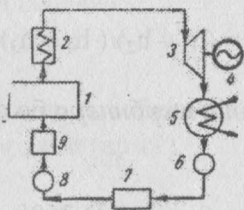
9. Муодилаи Ван-дер-Ваалсро муайян кунед.

- а) $(P + a/v^2) \cdot (v - b) = R \cdot T$
- б) $P \cdot v = R \cdot T$
- в) $(P + a/v^2) \cdot v = R \cdot T$
- г) $P \cdot (v - b) = R \cdot T$
- д) $(P + a/v^2) \cdot (v - b) = R \cdot (T + d^{0.5})$

МАВЗҶИ 6. ДАВРҶОИ ТЕРМОДИНАМИКӢ

6.1. ДаврҶои дастгоҳҳои бугтурбинӣ

Дастгоҳи бугтурбинӣ асоси нерӯгоҳҳои барқии гармӣ ва атомии муосир мебошад. Ҷисми корӣ дар чунин дастгоҳҳо буги ягон намуди моеъ (буги обӣ) мебошад. Дар дастгоҳи бугтурбинӣ (ДБТ) даври асосӣ *даври Ренкин* мебошад. Нақшаи принципалии ДБТ дар расми 6.1. нишон дода шудааст ва раванди корӣ чунин амалӣ мешавад. Дар деги бугӣ (1) ва дар бугсӯзонак (2) гармии сӯзиши сӯзишворӣ ба об дода мешавад. Буги ҳосилшуда ба турбина (3) мебарояд, ки дар ин ҷо гармӣ ба кори механикӣ ва баъдан дар генератори барқӣ (4) ба нерӯи барқӣ табдил меёбад. Буги коркардшуда ба конденсатор (5) мебарояд, ки дар ин ҷо гармиро ба оби хунуккунанда медиҳад. Конденсати ҳосилшуда ба воситаи насос (6) ба зарфи ҷамъкунанда (7) равона шуда, аз он ҷо бо насос (8) то фишори дар дег буда баробар мефишорад ва таваассути гармкунак (9) ба деги бугӣ дода мешавад.



Расми 6.1. – Нақшаи принципалии ДБТ

Даври Ренкинро дар буги сер дида мебароем. Нақшаи ин дастгоҳ аз нақшаи пешина бо надоштани бугсӯзонак фарқ мекунад. Барои ҳамин ба турбина гази сер ворид мешавад. Дар расми 6.2, а даври Ренкин дар диаграммаи TS тасвир шудааст.

Равандҳо:

3-1 – овардани гармӣ аз манбаъ ба об q_1 буда, аз ду раванд иборат мебошад: 3-3' – ҷӯшидани об дар дег; 3'-1 – бугшавии об таҳти фишори доимӣ;
1-2 – васеъшавии адиабатии буг дар турбина;

2-2' – буг тарком мешавад ва гармии худро ба оби хунуккунанда медиҳад;

2'-3 – фишориши адиабатии конденсат.

ЗГКФ – и даври Ренкинро бо муодилаи зерин муайян мекунамд:

$$\eta_t = (q_1 - q_2)/q_1 . \quad (6.1)$$

Чӣ тавре ки $q_1 = h_1 - h_3$; $q_2 = h_2 - h_2'$,

Пас:

$$\eta_t = [(h_1 - h_2) - (h_3 - h_2')] / (h_1 - h_3) = 1 / q_1 . \quad (6.2)$$

Кори ғоиданоки давр ба фарқи кори турбина ва насос баробар аст:

$$l = l_T - l_H ,$$

дар ин ҷо: $l_T = h_1 - h_2$, $l_H = h_3 - h_2'$.

Асосан $l_T \gg l_H$, пас $h_3 = h_2'$ ҳисобида, чунин навиштан мумкин аст:

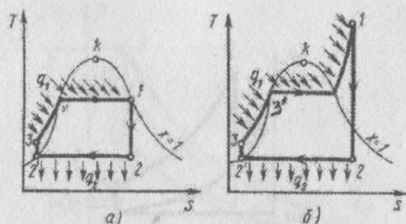
$$\eta_t = (h_1 - h_2) / (h_1 - h_3) . \quad (6.3)$$

Тавоноии назариявии турбинаро бо формулаи зерин ҳисоб мекунамд:

$$N_T = (h_1 - h_2) \cdot D / 3600 , [Вт] \quad (6.4)$$

дар ин ҷо: $D = 3600 \cdot m$ – сарфа дар як соат, [кг/соат]; m – сарфа дар як сония, [кг/с].

Даври Ренкин бо буғи сӯхта барои зиёдкунии ЗГКФ даври ДБТ истифода бурда мешавад. Барои ин пеш аз турбина гармунак (2) мегузоранд (расми 6.1), ки ҳарорат ва фишори бугро баланд мекунад. Ҳангоми ин ҳарорати миёнаи овардани гармӣ дар давр баланд мешавад. Диаграммаи давр дар расми 6.2, б нишон дода шудааст. Формулаҳо барои ҳисоби l , η_t , N_T бетағйир мемонанд.



Расми 6.2. – Даври Ренкин бо буғи сер (а) ва сӯхта (б)

6.2. Даврҳои муҳаррикҳои дарунсӯз

Даври муҳаррикҳои дарунсӯзи сумбавиро ба се гурӯҳ тақсим мекунанд:

- овардани гармӣ бо ҳаҷми доимӣ;
- овардани гармӣ бо фишори доимӣ;
- овардани омехтаи гармӣ дар ҳаҷми доимӣ;

Тавсифкунандаҳои асосӣ ё параметрҳои даври дилҳои муҳаррики гармӣ бузургҳои беандозаи зерин мебошанд:

дараҷаи фишурдашавӣ (нисбати ҳаҷми хоси ҷисми корӣ дар аввал ва охири фишурдашавӣ)

$$\varepsilon = v_1 / v_2, \quad (6.5)$$

дараҷаи афзоиши фишор (нисбати фишор дар охир ва аввали раванди изохории овардани гармӣ)

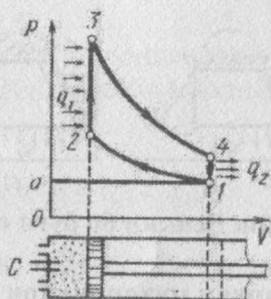
$$\lambda = P_3 / P_2, \quad (6.6)$$

дараҷаи васеъшавии пешакӣ ё дараҷаи васеъшавии изобарӣ (нисбати ҳаҷмҳои хос дар охир ва аввали раванди изохории овардани гармӣ)

$$\rho = v_3 / v_2. \quad (6.7)$$

1) Даври муҳаррики дарунсӯзро бо овардани гармӣ ҳангоми ҳаҷми доимӣ дар мисоли муҳаррики чорчарха дида мебароем.

Диаграммаи муҳаррики воқеӣ дар расми 6.3. нишон дода шудааст.



**Расми 6.3. – Даври мухаррики дарунсӯз
бо овардани гармӣ таҳти ҳаҷми доимӣ**

а-1 (такти 1) – ба устувона тавассути даричаи кашанда омехтаи ҳаво ва бугҳои сӯзишворӣ дохил мешавад (раванди ғайри-термодинамикӣ);

1-2 (такти 2) – фишурдашавии адиабатӣ (ҳарорат баланд мешавад);

2-3 – сӯзиши омехтаи сӯзанда, фишор ҳангоми ҳаҷми доимӣ босуръат баланд мешавад (овардани гармии q_1);

3-4 (такти 3) – васеъшавии адиабатӣ (раванди корӣ, кори ғоиданок иҷро мешавад);

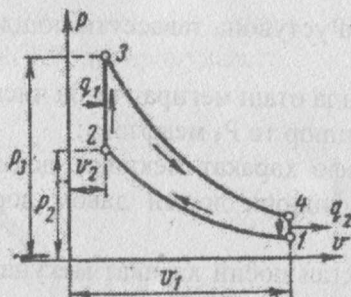
4-а – даричаи дудбаро кушода мешавад ва газҳои коркардшуда устувонаро тарк мекунанд, фишори устувона паст мешавад (гармии q_2 бароварда мешавад).

1-а (такти 4) – тела кардани газҳои боқимонда аз устувона.

Сипас чунин раванд бефосила такрор мешавад.

Раванди дар боло додашуда барнагарданда мебошад (мавҷудияти соиш, таомулҳои химиявӣ дар ҳисми корӣ, суръатҳои ниҳии сумба, мубодилаи гармӣ ҳангоми фарқи ниҳии ҳароратҳо ва ғ).

Барои таҳлили назарияи мошинҳои гармӣ термодинамика даврҳои баргардандаи идеалиро дида мебарояд. Диаграммаи раванди идеалии муҳаррики дарунсӯз дар расми 6.4 нишон дода шудааст.



Расми 6.4. – Диаграммаи раванди идеалии муҳаррики дарунсӯз

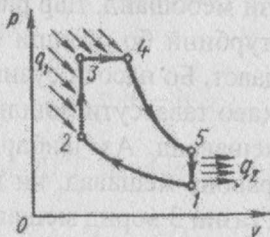
Аз ин диаграмма формула барои ЗГКФ-и давр бо овардани гармӣ ҳангоми ҳаҷми доимӣ бароварда мешавад, ки чунин намудро дорад:

$$\eta_t = 1 - 1/\epsilon^\gamma, \quad (6.8)$$

дар ин ҷо ϵ – дараҷаи фишурдашавӣ (нишондиҳандаи асосии кори муҳаррик, чӣ қадар баланд бошад, ҳамон қадар муҳаррики дарунсӯз сарфанок мебошад);

γ - нишондиҳандаи адиабата.

2) Даври идеалии муҳаррики дарунсӯз бо овардани гармии омехта. Диаграммаи давр дар расми 6.5 нишон дода шудааст.



Расми 6.5. – Даври муҳаррики дарунсӯз бо овардани гармии омехта

1-2 – ҳавои тоза бо ҳарорати T_1 то ҳарорати T_2 фишурда мешавад, ки аз ҳарорати оташигрии сӯзишворӣ баланд аст. Дар ин

лаҳза сӯзишворӣ ба устувона тавассути пошдиҳақ таҳти фишор пошида мешавад;

2-3 – омехтаи сӯзанда оташ мегирад ва ба ҷисми корӣ гармии q_1' оварда мешавад, фишор то P_3 меафзояд;

3-4 – сумба ба қафо ҳаракат мекунад, дохилшавӣ ва сӯзиши сӯзишворӣ таҳти фишори доимӣ давом дорад ва гармии q_1'' оварда мешавад;

4-5 – сумба ба нуқтаи поёнӣ ҳаракат мекунад, фишор паст мешавад (васеъшавии адиабатӣ);

5-1 – раванди баровардани гармии q_2 ҳангоми ҳаҷми доимӣ (газҳои коркардшуда тавассути даричаи барориш берун мешаванд).

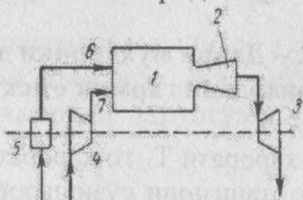
ЗГКФ-и давр бо формулаи зерин муайян карда мешавад.

$$\eta_t = \lambda - (\lambda \cdot \rho^\gamma - 1) / \varepsilon^{\gamma-1} \cdot [(\lambda - 1) + \gamma \cdot \lambda \cdot (\rho - 1)] . \quad (6.9)$$

Даври муҳаррикҳо бо овардани гармӣ таҳти фишори доимӣ васеъ истифода бурда намешаванд, чунки дар ин даврҳо зарби фишурдашавӣ хеле калон аст.

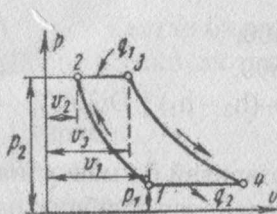
6.3. Даврҳои дастгоҳҳои газотурбинӣ (ДГТ)

Камбудихоии асосии муҳаррикҳои сумбавии дарунсӯз маҳдудияти тавоноии онҳо ва имконнопазирии васеъшавии ҷисми корӣ то фишори атмосферӣ мебошанд, ки дар дастгоҳҳои газотурбинӣ нестанд. Дар ДГТ ҷисми корӣ маҳсулоати сӯзиши сӯзишвории моеъ ё газӣ мебошанд. Дар расми 6.6 нақшаи оддитарини дастгоҳи газотурбинӣ бо сӯзиши сӯзишворӣ таҳти фишори доимӣ дода шудааст. Бо насоси сӯзишвории 5 ва компресси 4 сӯзишворӣ ва ҳаво тавассути пошдиҳақи 6 ва 7 ба ҷанбаи сӯзиши 1 дохил мешаванд. Аз ҷанбар маҳсулоати сӯзиш ба манфағи таркибии 2 равона мешавад, ки дар он ҷо васеъ шуда ба парраҳои турбинаи газии 3 ворид мешавад.

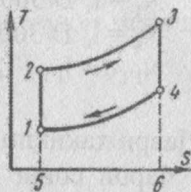


Расми 6.6. – Нақшаи дастгоҳи газотурбинӣ

Дар расмҳои 6.7 ва 6.8 даври идеалии ДГТ дар диаграммаҳои Pv ва TS тасвир шудааст.



Расми 6.7. – Даври ДГТ
дар диаграммаи Pv



Расми 6.8. – Даври ДГТ
дар диаграммаи TS

1-2 – фишурдашавии адиабатӣ то фишори P_2 .

2-3 – овардани гармии q_1 таҳти фишори доимии P_2 (сӯзиши сӯзишворӣ);

3-4 – васеъшавии адиабатӣ то фишори аввалии P_1 ;

4-1 – сардшавии ҳисми корӣ таҳти фишори доимии P_1 (баровардани гармии q_2);

Тавсифкунандаҳои давр инҳо мебошанд:

дараҷаи афзоиши фишор - $\lambda = P_2/P_1$;

дараҷаи васеъшавии изобарӣ - $\rho = v_3/v_2$.

Кори турбина:

$$l_t = h_3 - h_4. \quad (6.10)$$

Кори компрессор

$$l_k = h_2 - h_1. \quad (6.11)$$

Кори ғоиданоки ДГТ ба фарқи корҳои турбина ва компрессор баробар аст:

$$L_{ГТУ} = l_t - l_k. \quad (6.12)$$

ЗГКФ-и давр чунин намудро дорад:

$$\eta_t = 1 - 1/\lambda^{(\gamma-1)/\gamma}. \quad (6.13)$$

Тавоноши назариявии турбинаи газӣ, компрессор ва дастгоҳ (ДГТ)

$$N_T = l_T \cdot D / 3600 = (h_3 - h_4) \cdot D / 3600, \quad (6.14)$$

$$N_K = l_K \cdot D / 3600 = (h_2 - h_1) \cdot D / 3600, \quad (6.15)$$

$$N_{ГТУ} = l_{ГТУ} \cdot D / 3600 = [(h_3 - h_4) - (h_2 - h_1)] \cdot D / 3600. \quad (6.16)$$

Даври ҳақиқии ДГТ аз даври назариявӣ бо мавҷудияти талафот барои соиш ва гирдобҳосилшавӣ дар турбина ва компрессор фарқ мекунад. Усулҳои самаранокӣ афзоиши сарфанокии ДГТ эҳёкунии (регенератсияи) гармӣ, фишурдашавӣ ва васеъшавии зинагии ҷисми корӣ ва ғ. мебошанд.

Масъалаҳо барои такмилдиҳӣ:

1. Параметрҳои ҷисми корӣ дар нуқтаҳои характерноки даври термодинамикии муҳаррики сумбавӣ, қори давр, миқдори гармии оварда ва бароварда, зариби қори ғоиданоки гармивии давр ва фишори миёнаи давр муайян карда шаванд. Давр дар P, v ва T, s диаграммаҳо тасвир карда шавад. Ҷисми корӣ ҳаво (1 кг) мебошад.
2. Даври идеалии турбинаи газӣ бо овардани гармӣ ҳангоми $p = \text{const}$ дода шудааст. Параметрҳои ҷисми корӣ дар нуқтаҳои характернок, қори ғоиданок, зариби қори ғоиданоки гармивӣ, миқдори гармии оварда ва бароварда ёфта шаванд, агар $P_1 = 100$ кПа; $t_1 = 30$ °С; $t_2 = 750$ °С бошад. Гармигунҷоиш $C = \text{const}$, ҷисми корӣ – ҳаво, дараҷаи афзоиши фишор $P_1/P_2 = \lambda = 10$, зариби $\kappa = 1,4$ мебошанд.

Саволҳои санҷишӣ:

1. Мошинҳои гармӣ. Таснифи онҳо.
2. Тарзи қори муҳаррики дарунсӯз.
3. Даврҳои муҳаррикҳои дарунсӯз.
4. Тарзи қори дастгоҳҳои газутурбинӣ.
5. Тавсифоти умумии дастгоҳҳои газутурбинӣ.
6. Даври Ренкин. Тарзи қори дастгоҳҳои бугутурбинӣ.

7. Фарқияти асосии даври хунуккунӣ аз даврҳои муҳаррикҳои гармӣ.

Тестҳо барои назорати сатҳи дониш:

1. Даври асосии дастгоҳҳои бугутурбинӣ кадом мебошад?

- а) Карно
- б) Стирлинг
- в) Ренкин
- г) Лорентс
- д) Майер

2. Муҳаррикҳои гармӣ – ин мошинҳоеанд, ки дар онҳо системаи доимоамалкунандаи даврзананда амалӣ шуда, табаддулоти ... таъмин мекунад.

- а) гармиро ба энергияи дохилӣ
- б) энергияи дохилиро ба гармӣ
- в) гармиро ба кор
- г) корро ба гармӣ
- д) корро ба энергияи дохилӣ

3. Даврҳои муҳаррикҳои гармӣ бо кадом бузургиҳо тавсиф мешаванд?

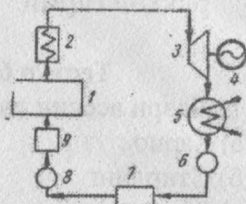
- а) дараҷаи фишурдашавӣ
- б) дараҷаи васеъшавии пешакӣ
- в) дараҷаи пастшавии ҳарорат
- г) дараҷаи хушкӣ
- д) дараҷаи афзоиши фишор

4. Ба муҳаррикҳои гармӣ мансубанд:

- а) дастгоҳҳои бугутурбинӣ
- б) дастгоҳҳои газутурбинӣ
- в) муҳаррикҳои дарунсӯз
- г) муҳаррикҳои берунсӯз
- д) мошинҳои буғӣ

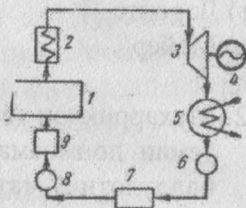
5. Дар расми овардашуда чӣ тасвир шудааст?

- а) дастгоҳҳои бугутурбинӣ
- б) дастгоҳҳои газутурбинӣ
- в) муҳарриқҳои дарунсӯз
- г) муҳарриқҳои берунсӯз
- д) мошинҳои бугӣ



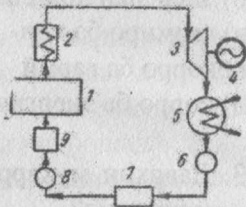
6. Дар расм мавқеи 1 чӣ мебошад?

- а) деги бугӣ
- б) турбина
- в) генератор
- г) насос
- д) конденсатор



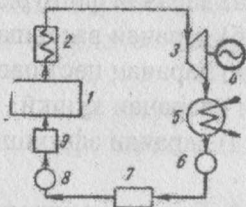
7. Дар расм мавқеи 3 чӣ мебошад?

- а) деги бугӣ
- б) турбина
- в) генератор
- г) насос
- д) конденсатор



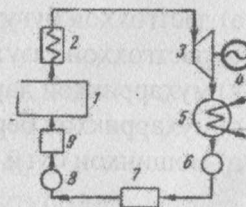
8. Дар расм мавқеи 4 чӣ мебошад?

- а) деги бугӣ
- б) турбина
- в) генератор
- г) насос
- д) конденсатор



9. Дар расм мавқеи 5 чӣ мебошад?

- а) деги бугӣ
- б) турбина
- в) генератор
- г) насос
- д) конденсатор



ҚИСМИ 2. АСОСҲОИ НАЗАРИЯИ МУБОДИЛАИ ГАРМӢ МАВЗӢИ 7. МАФҲУМҲО ВА ҚОИДАҲОИ АСОСӢ

*Назарияи мубодилаи гармӣ равандҳои паҳн-
шавии гармиро дар қисмҳои сахт, моеъ ва газӣ
меомӯзад.*

Гармӣ бо се тарз гузашта метавонад:

- гармигузаронӣ;
- конвексия;
- афканишот (радиатсия)

*Раванди мубодилаи гармӣ бо гармигузаронӣ
ҳангоми расиши бевоситаи қисм ё зарраҳои
қисм бо ҳароратҳои гуногун ба амал меояд ва
раванди молекулавии гузариши гармиро тавсия
мекунад.*

Ҳангоми гармкунии қисм, энергияи кинетикии молеку-
лаҳои он зиёд мешавад ва зарраҳои қисми гармтари қисм бо
молекулаҳои ҳамсоя барҳам хӯрда, ба онҳо қисми энергияи ки-
нетикии худро медиҳанд.

*Конвексия – ин раванди гузариши гармӣ ҳан-
гоми ҳаракат ва омезиши ҳамаи массаи ноба-
робар гармишудаи моеъ ё газ мебошад.*

Ҳангоми ин гузариши гармӣ аз суръати ҳаракати моеъ ё
газ бо таносуби роста вобаста мебошад. Ин намуди гузариши
гармӣ ҳамеша бо гармигузаронӣ якҷоя амалӣ мешавад. Гу-
зариши гармии якҷоя бо конвексия ва гармигузаронӣ *мубо-
дилаи гармии конвективӣ* номида мешавад.

Дар ҳисоботҳои муҳандисӣ бисёр вақт гармиивазкунии
конвективиро байни селайи моеъ ё газ ва сатҳи қисми сахт
муайян мекунанд. Ин раванди гармиивазкунии конвективи-
ро гармидиҳии конвективӣ ё оддитар *гармидиҳӣ* меноманд.

Раванди гузариши гармии энергияи дохилии ҷисм дар шакли мавҷҳои электромагнитӣ афканишот (радиатсия) номида мешавад.

Ин раванд дар *се* марҳила амалӣ мешавад: табaddули қисми энергияи дохилии яке аз ҷисмҳо ба энергияи мавҷҳои электромагнитӣ, паҳншавии мавҷҳои э/м дар фазо, фурӯбарии энергияи афканишот аз тарафи ҷисми дигар.

Мубодилаи гармии якҷоя бо афканишот ва гармигузаронӣ *гармивазкунии радиатсионӣ-кондуктивӣ* номида мешавад.

Маҷмӯаи ҳамаи се намуди мубодилаи гармиро гармивазкунии мураккаб меноманд. Равандҳои мубодилаи гармӣ дар муҳитҳои гуногун ба амал омада метавонанд: моддаҳои тоза ва омехтаҳои гуногун, бо тағйирёбӣ ва бе тағйирёбии ҳолати агрегатии муҳити корӣ ва ғ. Вобаста аз ин гармивазкунии гуногун қорӣ мешавад ва бо муодилаҳои гуногун навишта мешавад.

Раванди гузариши гармӣ бо гузариши моддаҳо (мубодилаи масса) метавонад якҷоя сурат гирад.

Масалан, бухоршавии об ба ҳаво, ҳаракати моеъҳо ё газҳо дар кубурҳо ва ғ. ва ҳ. Он гоҳ раванди гармивазкунии душвор мешавад, чунки гармӣ иловатан бо вазни моддаи ҳаракаткунанда мегузарад.

Масъалаҳо барои такмилдиҳӣ:

1. Фарқи миёнаи ҳарорат дар гармивазкунак бо ҷараёни омехтаи буғи спиртии таркомшаванда ва оби дар кубурҳо ҷоришаванда муайян карда шавад, агар ҳарорати аввалаи буғ 94°C , ҳарорати интиҳоияш 85°C , ҳарорати аввалаи об 20°C ва ҳарорати интиҳоеи он 71°C бошад.
2. Сатҳи лозимии мубодилаи гармӣ барои гарм кардани 12000 кг/соат маҳлули кандӣ ғилзатнокиаш 14% моддаҳои хушк аз ҳарорати 60° то 120°C муайян карда шавад, агар зариби гармигузарӣ баробари $910 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$, ҳарорати буғи

гармкунанда 132°C , хубсифатии маҳлул 90% бошад. Талафоти гармӣ ба муҳити атроф 5% гирифта шавад.

3. Кутри баробармаъноии фазои байникубурӣ дар гармиивазкунаки зиреҳкубурӣ бо кутри дохилии зиреҳ $1,0\text{ м}$ муайян карда шавад. Кубурҳои кутрашон 57 мм дар панҷараи кубурӣ дар қуллаҳои секунҷаҳои баробартаараф ҷойгир шудаанд. Дар кутри панҷара **12 кубур** ҷойгир шудааст.

Саволҳои санҷишӣ:

1. Назарияи мубодилаи гармӣ чиро меомӯзад?
2. Намудҳои паҳншавии гармӣ
3. Мафҳумҳои асосии назарияи мубодилаи гармӣ.
4. Гармигузаронӣ чист?
5. Конвексия чист?
6. Афканишоти гармӣ.
7. Мубодилаи гармии мураккаб.

Тестҳо барои назорати сатҳи дониш:

1. Назарияи мубодилаи гармӣ равандҳои паҳншавии гармиро дар кадом ҳисмҳо меомӯзад?
 - а) саҳт ва моеъ
 - б) саҳт ва газӣ
 - в) моеъ ва газӣ
 - г) саҳт, моеъ ва газӣ
2. Раванди молекулавии гузариши гармиро чӣ меноманд?
 - а) гармигузаронӣ
 - б) конвексия
 - в) афканишот
 - г) гармидиҳӣ
 - д) гармигузарӣ
3. Раванди гузариши гармӣ ҳангоми ҳаракат ва омезиш чӣ ном дорад?
 - а) гармигузаронӣ
 - б) конвексия

- в) афканишот
- г) гармидихӣ
- д) гармигузарӣ

4. Раванди гузариши гармиро дар шакли мавҷҳои электромагнитӣ чӣ меноманд?

- а) гармигузаронӣ
- б) конвексия
- в) афканишот
- г) гармидихӣ
- д) гармигузарӣ

5. Раванди мубодилаи гармӣ байни селай моёъ ё газ ва сатҳи ҷисми сахт чист?

- а) гармигузаронӣ
- б) конвексия
- в) афканишот
- г) гармидихӣ
- д) гармигузарӣ

6. Раванди мубодилаи гармӣ байни ду муҳит тавассути девори онҳоро ҷудокунанда чист?

- а) гармигузаронӣ
- б) конвексия
- в) афканишот
- г) гармидихӣ
- д) гармигузарӣ

МАВЗЎИ 8. ГАРМИГУЗАРОНӢ

8.1. Майдони ҳароратӣ. Муодилаи гармигузаронӣ

Фақат ҷисмҳои якҷинса ва *изотропно*, яъне чунин ҷисмҳое, ки дар ҳамаи самтҳо хосиятҳои физикии якхела доранд, дида мебароем. Ҳангоми гузариши гармӣ дар ҷисми саҳт ҳарорати ҷисм дар тамоми ҳаҷми он ва муддати вақт тағйир меёбад. Маҷмӯи қиматҳои ҳарорат дар ин лаҳзаи вақт барои ҳамаи нуктаҳои фазои омӯзишӣ *майдони ҳароратӣ* номида мешавад:

$$t = f(x, y, z, \tau), \quad (8.1)$$

дар ин ҷо: t – ҳарорати ҷисм;

x, y, z – координатаҳои нукта;

τ – вақт.

Чунин майдони ҳароратӣ *ғайримуқаррарӣ* номида мешавад $\partial t / \partial \tau \neq 0$, яъне ба речаи гармии барқарорнашуда гармигузаронӣ мувофиқат мекунад.

Агар ҳарорати ҷисм функсияи танҳо координатаҳо буда бо мурури замон тағйир наёбад, он гоҳ майдони ҳароратӣ *муқаррарӣ* (статсионарӣ) номида мешавад:

$$t = f(x, y, z), \quad \partial t / \partial \tau = 0 \quad (8.2)$$

Муодилаи майдони дученакии ҳароратӣ:
барои речаи ғайримуқаррарӣ:

$$t = f(x, y, \tau); \quad \partial t / \partial z = 0 \quad (8.3)$$

барои речаи муқаррарӣ:

$$t = f(x, y), \quad \partial t / \partial z = 0; \quad \partial t / \partial \tau = 0 \quad (8.4)$$

Муодилаи майдони якченакии ҳароратӣ:
барои речаи ғайримуқаррарӣ:

$$t = f(x, \tau); \quad \partial t / \partial y = \partial t / \partial z = 0; \quad \partial t / \partial \tau \neq 0 \quad (8.5)$$

барои речаи муқаррарӣ:

$$t = f(x); \partial t / \partial y = \partial t / \partial z = 0; \partial t / \partial l = 0 \quad (8.6)$$

Сатҳи изотермикӣ гуфта, сатҳи ҷисми ҳарорати якхела доштаро меноманд.

Ду сатҳи изотермикиро (расми 8.1) бо ҳароратҳои t и $t + \Delta t$ дида мебароем.

Градиенти ҳарорат гуфта ҳудуди нисбати тағйироти ҳарорат Δt_k ба масофаи байни изотермаҳо дар самти нормалро Δn ҳангоми ба сифр майл кардани он меноманд:

$$\text{grad}t = |\text{grad}t| = \lim[\Delta t / \Delta n]_{\Delta n \rightarrow 0} = \partial t / \partial n \quad (8.7)$$



Расми 8.1. – Барои баровардани қонуни Фурье

Градиенти ҳарорат – ин векторест, ки дар самти нормали сатҳи изотермӣ ба тарафи баландшавии ҳарорат равона шуда ададан ба ҳосилаи ҳарорат t аз нормал n баробар аст:

$$\text{grad}t = \partial t / \partial n \, n_0, \quad (8.7^*)$$

дар ин ҷо: n_0 – вектори воҳидӣ.

Микдори гармии аз сатҳи изотермикӣ F дар воҳиди вақт гузаранда **селаи гармӣ** – Q , $[Вт = Ҷ/с]$ номида мешавад.

Селаи гармии аз воҳиди масоҳат гузарандаро **зичии селлаи гармӣ** меноманд -

$$q = Q / F, [Вт/м^2].$$

Барои ҷисми саҳт муодилаи гармигузаронӣ ба қонуни Фурье итоат мекунад:

Селаи гармии бо гармигузаронӣ интиқолшаванда ба градиенти ҳарорат ва масоҳати

буриш, ки ба самти селай гармӣ амудӣ ҷойгир аст, мутаносиб мебошад.

$$Q = -\lambda \cdot F \cdot \partial t / \partial n, \quad (8.8)$$

Ё ин ки

$$q = -\lambda \cdot \partial t / \partial n \cdot n_0 = -\lambda \cdot \text{grad} t, \quad (8.9)$$

дар ин ҷо: q – вектори зичии селай гармӣ.

λ – зариби гармигузаронӣ, [Вт/(м·К)].

Қимати ададии вектори зичии селай гармӣ ба ифодаи зерин баробар аст:

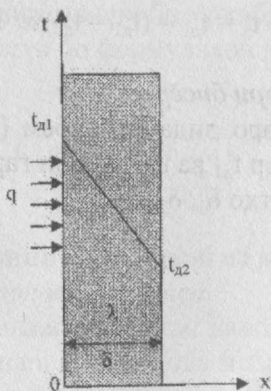
$$q = -\lambda \cdot \partial t / \partial n = -\lambda \cdot |\text{grad} t|, \quad (8.10)$$

дар ин ҷо: $|\text{grad} t|$ – модули вектори градиенти ҳарорат.

Зариби гармигузаронӣ параметри физикии модда мебошад, ки қобилияти гузарониши гармии ҷисмро тавсиф мекунад. Вай аз ҷинси модда, фишор ва ҳарорат вобаста мебошад. Инчунин ба бузургии он намнокии модда таъсир мекунад. Барои бисёр моддаҳо зариби гармигузарониро бо роҳи таҷрибавӣ муайян мекунанд ва барои ҳисобҳои техникӣ аз маълумотномаҳо мегиранд.

8.2. Гармигузаронии муқаррарӣ аз девори ҳамвор

1). Девори ҳамвори якҷинса (расми 8.2)



Расми 8.2. – Девори ҳамвори якҷинса

Ҳарорати сатҳи девор – $t_{д1}$ ва $t_{д2}$

Зичии селай гармӣ:

$$q = -\lambda \cdot \partial t / \partial n = -\lambda \cdot \partial t / \partial x = -\lambda \cdot (t_{д2} - t_{д1}) / (x_{д2} - x_{д1}).$$

ё ин ки:

$$q = \lambda \cdot (t_{д2} - t_{д1}) / (x_{д2} - x_{д1}) \cdot \Delta t / \Delta x \quad (8.11)$$

дар ин ҷо ∂t – шиддати ҳароратӣ;

∂x – ғафсии девор.

Он гоҳ:

$$q = \lambda / \delta \cdot (t_{д1} - t_{д2}) = \lambda / \delta \cdot \Delta t, \quad (8.12)$$

Агар $R = \delta / \lambda$ – муқовимати гармивии гармигузаронии девор бошад $[(m^2 \cdot K) / Вт]$, пас зичии селай гармӣ:

$$q = (t_{д1} - t_{д2}) / R. \quad (8.13)$$

Миқдори умумии гармие, ки аз сатҳи F дар вақти t мегузарад, чунин муайян карда мешавад:

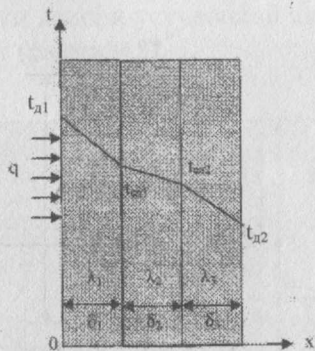
$$Q = q \cdot F \cdot \tau = (t_{д1} - t_{д2}) / R \cdot F \cdot \tau. \quad (8.14)$$

Ҳарорати ҳисм дар нуктаи координатааш x бо формулаи зерин ёфта мешавад:

$$t_x = t_{д1} - (t_{д1} - t_{д2}) \cdot x / \delta. \quad (8.15)$$

2). Девори ҳамвори бисёрқабата

Девори сеқабатаро дида мебароем (расми 8.3). Ҳарорати сатҳҳои берунии девор $t_{д1}$ ва $t_{д2}$, зариби гармигузаронии қабатҳо $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$, ғафсии қабатҳо $\delta_1, \delta_2, \delta_3$.



Расми 8.3. – Девори ҳамвори бисёрқабата

Зичиҳои селани гармӣ аз ҳар қабати девор:

$$q = \lambda_1 / \delta_1 \cdot (t_{d1} - t_{k1}), \quad (8.18)$$

$$q = \lambda_2 / \delta_2 \cdot (t_{k1} - t_{k2}), \quad (8.19)$$

$$q = \lambda_3 / \delta_3 \cdot (t_{k2} - t_{d2}), \quad (8.20)$$

Ин муодилаҳоро нисбат ба фарқи ҳарорат ҳал карда чамъ мекунем ва ҳосил менамоем:

$$q = (t_1 - t_2) / (\delta_1 / \lambda_1 + \delta_2 / \lambda_2 + \delta_3 / \lambda_3) = (t_{d1} - t_{d2}) / R_o, \quad (8.21)$$

дар ин ҷо: $R_o = (\delta_1 / \lambda_1 + \delta_2 / \lambda_2 + \delta_3 / \lambda_3)$ – муқовимати гармивии умумии гармигузаронии девори бисёрқабата.

Ҳарорати қабатҳо бо формулаҳои зерин муайян карда мешаванд:

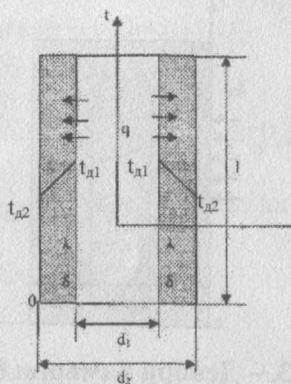
$$t_{k1} = t_{d1} - q \cdot (\delta_1 / \lambda_1). \quad (8.22)$$

$$t_{k2} = t_{k1} - q \cdot (\delta_2 / \lambda_2). \quad (8.23)$$

8.3. Гармигузаронии муқаррарӣ аз девори устунавӣ

1). Девори устунавии якҷинса

Устувонаи якҷинсаи якқабатаи дарозиаш 1, қутри дохилиаи d_1 ва қутри беруниаш d_2 – ро дида мебароем (расми 8.4).



Расми 8.4. – Девори устувонавии якҷинса

Ҳарорати сатҳҳои девор – t_{d1} и t_{d2} .

Муодилаи гармигузаронӣ аз рӯи қонуни Фурье дар координатаҳои устувонавӣ:

$$Q = -\lambda \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot l \cdot \frac{\partial t}{\partial r} \quad (8.24)$$

ё

$$Q = 2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot l \cdot \Delta t / \ln(d_2/d_1), \quad (8.25)$$

дар ин ҷо: $\Delta t = t_{d1} - t_{d2}$ – шиддати ҳароратӣ;
 λ – зариби гармигузаронии девор.

Барои сатҳҳои устувонавӣ мафҳуми селай гармии воҳиди дарозии сатҳи устувонавиро (зичии хаттии селай гармӣ) дохил мекунамд, ки барои он формулаҳои ҳисобӣ чунин намуд доранд:

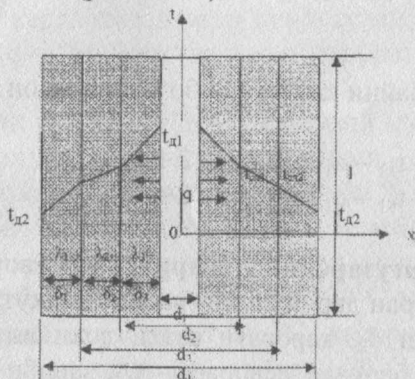
$$q_l = Q/l = 2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot \Delta t / \ln(d_2/d_1), \text{ [Вт/м]}. \quad (8.26)$$

Ҳарорати ҷисм дар дохили девор бо координатаи d_x :

$$t_x = t_{d1} - (t_{d1} - t_{d2}) \cdot \ln(d_x/d_1) / \ln(d_2/d_1). \quad (8.27)$$

2). Девори устувонавии бисёрқабата

Фарз мекунем, ки девори устувонавӣ аз се қабатҳои ба ҳам зичхобида иборат аст (расми 9.5).



Расми 8.5. – Девори устувонавии бисёрқабата

Ҳарорати сатҳи дохилии девор – t_{d1} , ҳарорати сатҳи берунаи девор – t_{d2} , зариби гармигузаронии қабатҳо - $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$, қутри қабатҳо d_1, d_2, d_3, d_4 .

Селаи гармӣ барои қабатҳо чунин мешаванд:
қабати 1- ум

$$Q = 2 \cdot \pi \cdot \lambda_1 \cdot l \cdot (t_{d1} - t_{k1}) / \ln(d_2/d_1), \quad (8.28)$$

қабати 2- юм

$$Q = 2 \cdot \pi \cdot \lambda_2 \cdot l \cdot (t_{k1} - t_{k2}) / \ln(d_3/d_2), \quad (8.29)$$

қабати 3 – юм

$$Q = 2 \cdot \pi \cdot \lambda_3 \cdot l \cdot (t_{k2} - t_{d2}) / \ln(d_4/d_3), \quad (8.30)$$

Муодилаҳои ҳосилшударо ҳал карда, барои селайи гармӣ аз девори бисёрқабата ҳосил менамоем:

$$Q = 2 \cdot \pi \cdot l \cdot (t_{d1} - t_{d2}) / [\ln(d_2/d_1)/\lambda_1 + \ln(d_3/d_2)/\lambda_2 + \ln(d_4/d_3)/\lambda_3]. \quad (8.31)$$

Зичии хаттии селайи гармӣ:

$$q_1 = Q/l = 2 \cdot \pi \cdot (t_1 - t_2) / [\ln(d_2/d_1)/\lambda_1 + \ln(d_3/d_2)/\lambda_2 + \ln(d_4/d_3)/\lambda_3]. \quad (8.32)$$

Ҳарорати байни қабатҳоро бо муодилаҳои зерин меёбем:

$$t_{k1} = t_{d1} - q_1 \cdot \ln(d_2/d_1) / 2 \cdot \pi \cdot \lambda_1. \quad (8.33)$$

$$t_{k2} = t_{k1} - q_1 \cdot \ln(d_3/d_2) / 2 \cdot \pi \cdot \lambda_2. \quad (8.34)$$

8.4. Гармигузаронии муқаррарӣ аз девори куравӣ

Бигузор кураи дарунхолии (расми 8.6) қутри дохилиаш d_1 , қутри беруниаш d_2 , ҳарорати сатҳи дохилии девораш - t_{d1} , ҳарорати сатҳи берунаи девораш - t_{d2} , зариби гармигузаронии девораш - λ бошад.

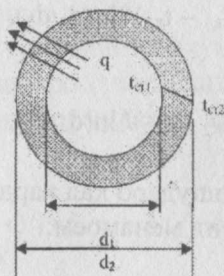
Муодилаи гармигузаронӣ мувофиқи қонуни Фурье дар координатаҳои куравӣ:

$$Q = -\lambda \cdot 4 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \partial t / \partial r \quad (8.35)$$

ё

$$\begin{aligned} Q &= 4 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot \Delta t / (1/r_2 - 1/r_1) = 2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot \Delta t / (1/d_1 - 1/d_2) = \\ &= 2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot d_1 \cdot d_2 \cdot \Delta t / (d_2 - d_1) = \pi \cdot \lambda \cdot d_1 \cdot d_2 \cdot \Delta t / \delta \end{aligned} \quad (8.36)$$

дар ин ҷо: $\Delta t = t_{d1} - t_{d2}$ - шиддати ҳароратӣ;
 δ - ғафсии девор.



Расми 8.6. – Девори куравии якҷинса

Масъалаҳо барои такмилдиҳӣ:

1. Зариби гармигузарониши масолеҳи девори ғафсиаш $\delta = 60$ мм муайян карда шавад, агар зичии селай гармӣ аз девор гузаранда $q = 150 \text{ Вт/м}^2$ ва фарқи ҳарорат $\Delta t_c = 30^\circ\text{C}$ дода шуда бошад.
2. Селай гармӣ тавассути девори бетонӣ муайян карда шавад. Ғафсии девор 250 мм, баландиаш 2,8 м, дарозиаш 3 м. Қимати ҳароратҳои девор $t_{d1} = 30^\circ\text{C}$; $t_{d2} = -15^\circ\text{C}$, зариби гармигузарониш $\lambda = 0,98 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ мебошанд.
3. Миқдори гармӣ ва сарфи об барои хунук кардани 6000 л/соат ашё барои оби ҷав аз 70 то 20°C муайян карда шавад. Ҳарорати аввалаи об 18°C , ҳарорати интиҳои он 52°C . Гармигунҷоиши ашё хангоми 70°C $3700 \text{ Ч/ (кг}\cdot\text{К)}$, талафоти гармӣ баробари 3 % мебошад.

Саволҳои санҷишӣ:

1. Гармигузаронӣ чӣ хел ҳодиса мебошад?
2. Сатҳи изотермӣ чист?
3. Градиенти ҳарорат чист?
4. Селай гармӣ чист?
5. Гармигузаронӣ аз ҷиҳат вобаста аст?
6. Муодилаи Фурьеро нависед.
7. Қоидаи қонуни Фурье.
8. Ифодаи селай гармиро барои девори ҳамвори якҷинса нависед.
9. Ифодаи селай гармиро барои девори ҳамвори бисёрқабата нависед.
10. Ифодаи селай гармиро барои девори устуворавии якҷинса нависед.
11. Ифодаи селай гармиро барои девори устуворавии бисёрқабата нависед.
12. Ифодаи селай гармиро барои девори куравӣ нависед.

Тестҳо барои назорати сатҳи дониш:

1. Раванди молекулавӣ гузариши гармиро чӣ меноманд?
а) гармигузаронӣ

- б) конвексия
- в) афканишот
- г) гармидиҳӣ
- д) гармигузарӣ

2. Маҷмӯи қиматҳои ҳарорат дар лаҳзаи муайяни вақт барои ҳама нуқтаҳои фазои омӯхташаванда чист?

- а) майдони ҳароратӣ
- б) сатҳи изотермӣ
- в) градиенти ҳарорат
- г) селай гармӣ
- д) зичии селай гармӣ

3. Сатҳи ҷисми ҳарорати якхела доштара чӣ меноманд?

- а) майдони ҳароратӣ
- б) сатҳи изотермӣ
- в) градиенти ҳарорат
- г) селай гармӣ
- д) зичии селай гармӣ

4. Ҳудуди нисбати тағйироти ҳарорат ба масофаи байни изотермаҳо дар самти нормалро хангоми ба сифр майл кардани он, чӣ меноманд?

- а) майдони ҳароратӣ
- б) сатҳи изотермӣ
- в) градиенти ҳарорат
- г) селай гармӣ
- д) зичии селай гармӣ

5. Миқдори гармии аз сатҳи изотермӣ дар воҳиди вақт гузарида чист?

- а) майдони ҳароратӣ
- б) сатҳи изотермӣ
- в) градиенти ҳарорат
- г) селай гармӣ
- д) зичии селай гармӣ

6. Селаи гармий аз воҳиди масоҳат гузарандаро чӣ меноманд?

- а) майдони ҳароратӣ
- б) сатҳи изотермӣ
- в) градиенти ҳарорат
- г) селаи гармӣ
- д) зичии селаи гармӣ

7. Ифодаи қонуни Фурьеро муайян намоед:

- а) $Q = -\lambda \cdot F \cdot \partial t / \partial n$
- б) $Q = \alpha \cdot (t_d - t_m) \cdot F$
- в) $\text{grad} t = \partial t / \partial n n_0$
- г) $Q = F \cdot K \cdot (t'_m - t''_m)$
- д) $d^2 Q_n = dQ_n \cdot d\omega \cdot \cos \varphi$

8. Дар формулаи $Q = -\lambda \cdot F \cdot \partial t / \partial n$ ҳарфи λ чиро мефаҳмонад?

- а) зариби соиш
- б) зариби гармигузаронӣ
- в) градиенти ҳарорат
- г) зариби гармидихӣ
- д) дарозии мавҷ

9. Зариби гармигузаронӣ аз ҷиҳе вобаста аст?

- а) ҷинси модда
- б) массаи модда
- в) фишор
- г) ҳарорат
- д) ҳаҷм

10. Формулаи миқдори гармиро ҳангоми гармигузаронӣ аз девори ҳамвори якҷинса муайян намоед:

- а) $q = \lambda \cdot \delta \cdot (t_{d1} - t_{d2})$
- б) $q = (t_1 - t_2) / (\delta_1 / \lambda_1 + \delta_2 / \lambda_2 + \delta_3 / \lambda_3)$
- в) $q_1 = 2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot \Delta t / \ln(d_2 / d_1)$
- г) $q_1 = 2 \cdot \pi \cdot (t_1 - t_2) / [\ln(d_2 / d_1) / \lambda_1 + \ln(d_3 / d_2) / \lambda_2 + \ln(d_4 / d_3) / \lambda_3]$

$$д) Q = \pi \cdot \lambda \cdot d_1 \cdot d_2 \cdot \Delta t / \delta$$

11. Формулаи миқдори гармиро ҳангоми гармигузаронӣ аз девори ҳамвори бисёрқабата муайян намоед:

$$а) q = \lambda / \delta \cdot (t_{д1} - t_{д2})$$

$$б) q = (t_1 - t_2) / (\delta_1 / \lambda_1 + \delta_2 / \lambda_2 + \delta_3 / \lambda_3)$$

$$в) q_l = 2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot \Delta t / \ln(d_2 / d_1)$$

$$г) q_l = 2 \cdot \pi \cdot (t_1 - t_2) / [\ln(d_2 / d_1) / \lambda_1 + \ln(d_3 / d_2) / \lambda_2 + \ln(d_4 / d_3) / \lambda_3]$$

$$д) Q = \pi \cdot \lambda \cdot d_1 \cdot d_2 \cdot \Delta t / \delta$$

12. Формулаи миқдори гармиро ҳангоми гармигузаронӣ аз девори устуванавии якҷинса муайян намоед:

$$а) q = \lambda / \delta \cdot (t_{д1} - t_{д2})$$

$$б) q = (t_1 - t_2) / (\delta_1 / \lambda_1 + \delta_2 / \lambda_2 + \delta_3 / \lambda_3)$$

$$в) q_l = 2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot \Delta t / \ln(d_2 / d_1)$$

$$г) q_l = 2 \cdot \pi \cdot (t_1 - t_2) / [\ln(d_2 / d_1) / \lambda_1 + \ln(d_3 / d_2) / \lambda_2 + \ln(d_4 / d_3) / \lambda_3]$$

$$д) Q = \pi \cdot \lambda \cdot d_1 \cdot d_2 \cdot \Delta t / \delta$$

13. Формулаи миқдори гармиро ҳангоми гармигузаронӣ аз девори устуванавии бисёрқабата муайян намоед:

$$а) q = \lambda / \delta \cdot (t_{д1} - t_{д2})$$

$$б) q = (t_1 - t_2) / (\delta_1 / \lambda_1 + \delta_2 / \lambda_2 + \delta_3 / \lambda_3)$$

$$в) q_l = 2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot \Delta t / \ln(d_2 / d_1)$$

$$г) q_l = 2 \cdot \pi \cdot (t_1 - t_2) / [\ln(d_2 / d_1) / \lambda_1 + \ln(d_3 / d_2) / \lambda_2 + \ln(d_4 / d_3) / \lambda_3]$$

$$д) Q = \pi \cdot \lambda \cdot d_1 \cdot d_2 \cdot \Delta t / \delta$$

14. Формулаи миқдори гармиро ҳангоми гармигузаронӣ аз девори куравӣ муайян намоед:

$$а) q = \lambda / \delta \cdot (t_{д1} - t_{д2})$$

$$б) q = (t_1 - t_2) / (\delta_1 / \lambda_1 + \delta_2 / \lambda_2 + \delta_3 / \lambda_3)$$

$$в) q_l = 2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot \Delta t / \ln(d_2 / d_1)$$

$$г) q_l = 2 \cdot \pi \cdot (t_1 - t_2) / [\ln(d_2 / d_1) / \lambda_1 + \ln(d_3 / d_2) / \lambda_2 + \ln(d_4 / d_3) / \lambda_3]$$

$$д) Q = \pi \cdot \lambda \cdot d_1 \cdot d_2 \cdot \Delta t / \delta$$

МАВЗЌИ 9. МУБОДИЛАИ ГАРМИИ КОНВЕКТИВЌ

9.1. Омилҳое, ки ба мубодилаи гармии конвективЌ таъсир мерасонанд

Гузаронидани гармии якҷояи гармигузаронЌ ва конвексия мубодилаи гармии конвективЌ номида мешавад.

Дар ҳисобҳои муҳандисЌ бисёр вақт гармиивазкунии конвективиро байни селай моеъ ё газ ва сатҳи ҷисми сахт муайян мекунад. Ин раванди гармиивазкунии конвективиро гармидиҳии конвективЌ ё оддЌ карда *гармидиҳЌ* меноманд.

Омилҳои асосии ба раванди гармидиҳЌ таъсиркунанда инҳо мебошанд:

1). *Табиати пайдошавии ҳаракати моеъ ба қадди сатҳи девор.*

Ҳаракати худсаронаи моеъ (газ) дар майдони вазнинЌ, ки бо фарқи зичии қабатҳои гарм ва хуноки он таъмин шудааст, ҳаракати озод (конвексияи табиЌ) номида мешавад.

Ҳаракате, ки дар натиҷаи фарқи фишори бо насос, вентилятор ва дигар дастгоҳҳо ҳосилшаванда амал мекунад, маҷбурЌ (конвексияи маҷбурЌ) номида мешавад.

2). *Реҷаи ҳаракати моеъ.*

Ҳаракати ботартиб, қабатнок, ором, белаппиш реҷаи ламинарЌ номида мешавад. Ҳаракати бетартиб, гирдобЌ реҷаи ошуфта номида мешавад.

3). *Ҳосиятҳои физикии моеъҳо ва газҳо*

Ба мубодилаи гармии конвективЌ чунин параметрҳои физикЌ таъсири калон доранд: зариби гармигузаронЌ (λ), гармиғунҷоиши хос (c), зичЌ (ρ), зариби ҳароратгузаронЌ ($a = \lambda / c \cdot \rho$), зариби часпакии динамикЌ (μ) ё часпакии кинематикЌ ($\nu = \mu / \rho$), зариби ҳароратии васеъшавии ҳаҷмЌ ($\beta = 1/T$).

4). *Шакл (ҳамвор, устувонавЌ), андозаҳо ва ҳолати сатҳ (амудЌ, уфуқЌ).*

9.2. Қонуни Нютон-Рихман

Раванди мубодилаи гармЌ байни сатҳи ҷисм ва муҳит ба қонуни Нютон-Рихман итоат мекунад, ки мегӯяд:

**Миқдори гармии бо тарзи гармидиҳӣ гузаранда
ба фарқи ҳарорати сатҳи ҷисм (t_d) ва муҳити
атроф (t_m) мутаносиби роста мебошад:**

$$Q = \alpha \cdot (t_d - t_m) \cdot F, \quad (9.1)$$

ё

$$q = \alpha \cdot (t_d - t_m), \quad (9.2)$$

дар ин ҷо: α – зариби гармидиҳӣ [$\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$], ки суръати мубодилаи гармиро байни сатҳи ҷисм ва муҳити атроф тавсиф мекунад.

Омилҳои ба раванди гармидиҳӣ таъсиррасонандаро ба ин зариби гармидиҳӣ дохил мекунанд. Он гоҳ *зариби гармидиҳӣ* функсияи ин параметрҳо мебошад ва ин вобастагиро дар намуни муодилаи зерин навиштан мумкин аст:

$$\alpha = f_1(X; \Phi; l_0; x_c; y_c; z_c; w_0; \theta; \lambda; a; c_p; \rho; v; \beta), \quad (9.3)$$

дар ин ҷо: X – табиати пайдошавии ҳаракати моеъ (табӣӣ, маҷбурӣ);

Φ – шакли сатҳ;

l_0 – андозаи тавсифкунандаи сатҳ (дарозӣ, баландӣ, қутр ва ғ.);

$x_c; y_c; z_c$ – координатаҳо;

w_0 – суръати муҳит (моеъ, газ);

$\theta = (t_d - t_m)$ – шиддати ҳароратӣ;

λ – зариби гармигузаронии муҳит;

a – зариби ҳароратгузаронии муҳит;

c_p – гармигунҷоиши хоси изобарии муҳит;

ρ – зичии муҳит;

v – зариби часпакии кинематикии муҳит;

β – зариби ҳароратии васеъшавии ҳаҷмии муҳит.

Муодилаи (9.3) нишон медиҳад, ки зариби гармидиҳӣ бузургии мураккаб буда барои муайян кардани он формулаи умумӣ пешниҳод намудан имконнопазир аст. Бо ҳамин сабаб барои муайянкунии зариби гармидиҳӣ усули таҷрибавӣ тадқиқотро истифода мебаранд.

Бартарии усули тадқиқотӣ инҳо мебошанд: боваринокии натиҷаҳои дастрасшуда; диққати асосиро ба омӯзиши бузургҳои зарурӣ ҷудо кардан мумкин аст.

Камбудии асосии ин усул он аст, ки натиҷаҳои ҳамин таҷрибаро нисбат ба дигар ҳодиса, ки аз ҳодисаи омӯхта кам фарқ мекунад, истифода бурда намешаванд. Бинобар ин ҳулосаҳое, ки дар асоси таҳлили натиҷаҳои ҳамин тадқиқоти таҷрибавӣ карда шудаанд, паҳншавии онҳоро ба дигар ҳодисаҳо иҷозат намедиҳанд. Аз ин ҷо, ҳангоми усули таҷрибавии тадқиқот ҳар як ҳолати алоҳида бояд объекти омӯзиши ҷудогона бошад.

9.3. Маълумоти мухтасар аз назарияи монандӣ

Назарияи монандӣ — ин илм дар бораи ҳодисаҳои монанд мебошад.

Ҳодисаҳои монанд гуфта чунин ҳодисаҳои физикиро меноманд, ки онҳо сифатан аз рӯи шакл ва таркиб якхела бошанд, яъне як табиати физикӣ доранд, таҳти таъсири қувваҳои якхела тараққӣ меkunанд ва бо муодилаҳои тафриқавӣ ва шароити канории шаклашон якхела ифода меёбанд.

Шарти ҳатмии монандии ҳодисаҳои физикӣ бояд монандии ҳандасавии система, ки дар он ин ҳодисаҳо ҷорӣ мешаванд, бошад. Ду ҳодисаи физикӣ фақат дар он ҳолат монанд мешаванд, ки агар ҳамаи бузургҳои онҳоро тавсифкунанда монанд бошанд.

Барои ҳама системаҳои монанд маҷмӯҳои бузургҳои беандоза мавҷуданд, ки меёриҳои монандӣ ном доранд.

Назарияи монандӣ дар 3 *теоремаҳои монандӣ* асос ёфтааст.

Теоремаи 1: Ҳодисаҳои монанд меёриҳои монандии якхела доранд.

Теоремаи 2: Вобастагии дилхоҳ байни тағйирёбандаҳои ягон ҳодисаро тавсифкунанда дар шакли вобастагии байни меёриҳои монандии аз ҳамин тағйирёбандаҳо тартибдодашуда навиштан мумкин аст, ки муодилаи монандӣ номида мешавад.

Теоремаи 3: Ду ҳодиса монанданд, агар онҳо шартҳои ҳаммаъногии монанд ва меъёрҳои монандии муайянкунандаи ададан якхела доранд. Шартҳои ҳаммаъногӣ инҳо мебошанд:

- мавҷудияти монандии ҷандасавии системаҳо;
- мавҷудияти муодилаҳои тафриқавии якхела;
- вучуд доштани ҳалли ягонаи муодилаи ҳангоми шартҳои худудии додашуда;
- маълум будани қимати ададии зарифҳо ва параметрҳои физикӣ.

9.4. Муодилаҳои меъёрии мубодилаи гармии конвективӣ

Бо истифода аз назарияи монандӣ муодилаи гармидиҳиро (9.3) барои мубодилаи гармии конвективӣ дар ҳолати набудани манбаҳои дохилии гармӣ дар намуди зерини меъерӣ ҳосил кардан мумкин аст:

$$Nu = f_2(X; \Phi; X_0; Y_0; Z_0; Re; Gr; Pr), \quad (9.12)$$

дар ин ҷо: $X_0; Y_0; Z_0$ – координатаҳои беандоза;

$Nu = \alpha \cdot l_0 / \lambda$ – **меъёри Нусселт** (зариби беандозаи гармидиҳӣ), мубодилаи гармиро байни сатҳи девор ва моеъро (газро) тавсиф мекунад;

$Re = w \cdot l_0 / \nu$ – **меъёри Рейнолдс**, таносуби қувваҳои инерсионӣ ва ҳаспакиро тавсиф мекунад ва характери ҷоришавии моеъ ё газро муайян менамояд;

$Gr = (\beta \cdot g \cdot l_0^3 \cdot \Delta t) / \nu^2$ – **меъёри Грасгофф**, қувваи болобардоранда-ро тавсиф мекунад, ки дар натиҷаи фарқи зичии моеъ ё газ пайдо мешавад;

$Pr = \nu / a = (\mu \cdot c_p) / \lambda$ – **меъёри Прандтл**, ҳосиятҳои физикии моеъ (газ)-ро тавсиф мекунад;

l_0 – андозаи тавсифкунанда (дарозӣ, баландӣ, қутр).

9.5. Формулаҳои ҳисобии мубодилаи гармии конвективӣ

Баъзе формулаҳои ҳисобии асосии мубодилаи гармии конвективиро (академик М.А.Михеев) меорем, ки барои қиматҳои миёнаи зариби гармидиҳӣ аз сатҳи девор дода шудаанд.

1. Конвексияи озод дар фазои номахдуд.

а). Кубури уфуқии қутраш d ҳангоми $10^3 < (Gr \cdot Pr)_{md} < 10^8$.

$$Nu_{mdm} = 0,5 \cdot (Gr_{md} \cdot Pr_m)^{0,25} (Pr_m/Pr_d)^{0,25}. \quad (9.13)$$

б). Кубури амудӣ ва саҳфа:

1). ҷараёни ламинарӣ - $10^3 < (Gr \cdot Pr)_m < 10^9$:

$$Nu_{mdm} = 0,75 \cdot (Gr_{md} \cdot Pr_m)^{0,25} \cdot (Pr_m/Pr_d)^{0,25}. \quad (9.14)$$

2). ҷараёни ошӯфта - $(Gr \cdot Pr)_m > 10^9$:

$$Nu_{mdm} = 0,15 \cdot (Gr_{md} \cdot Pr_m)^{0,33} \cdot (Pr_m/Pr_d)^{0,25}. \quad (9.15)$$

Дар ин ҷо қиматҳои Gr_{md} ва Pr_m ҳангоми ҳарорати моеъ ё газ ғирифта мешаванд, ва Pr_d ҳангоми ҳарорати сатҳи девор.

Барои ҳаво $Pr_m/Pr_d = 1$ ва формулаҳои (9.13-9.15) содда мешаванд.

2. Конвексияи мачбурӣ.

Речаи ҷоришавӣ бо бузургии Re муайян карда мешавад.

а). Ҷараёни моеъ дар кубури ҳамвори буришаш даврамонанд.

1). ҷараёни ламинарӣ - $Re < 2100$

$$Nu_{mdm} = 0,15 \cdot Re_{md}^{0,33} \cdot Pr_m^{0,33} \cdot (Gr_{md} \cdot Pr_m)^{0,1} \cdot (Pr_m/Pr_d)^{0,25} \cdot \epsilon_1, \quad (9.16)$$

дар ин ҷо ϵ_1 – зарибе, ки тағйироти зариби гармидихии миёнаро бо дарозии кубур ба инобат ғирифта аз таносуби дарозии кубур ба қутри он вобаста аст (l/d). Қиматҳои ин зариб дар ҷадвали 9.1 оварда шудаанд.

Ҷадвали 9.1. – Қимати ϵ_1 ҳангоми речаи ламинарӣ

l/d	1	2	5	10	15	20	30	40	50
ϵ_1	1,9	1,7	1,44	1,28	1,18	1,13	1,05	1,02	1,0

2). чараёни гузариш – $2100 < Re < 10^4$

$$Nu_{mdm.} = K_0 \cdot Pr_M^{0,43} \cdot (Pr_M/Pr_M)^{0,25} \cdot \epsilon_l. \quad (9.17)$$

Зариби K_0 аз меъёри Рейнолдс Re вобаста мебошад ва дар ҷадвали 9.2 оварда шудааст.

Ҷадвали 9.2. – Қимати K_0

$Re \times 10^4$	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	3	4	5	6	8	10
K_0	1,9	2,2	3,3	3,8	4,4	6,0	10,3	15,5	19,5	27,0	33,3

3). чараёни ошуфта – $Re > 10^4$

$$Nu_{mdm.} = 0,021 \cdot Re_{md}^{0,8} \cdot Pr_M^{0,43} \cdot (Pr_M/Pr_d)^{0,25} \cdot \epsilon_l. \quad (9.18)$$

Ҷадвали 9.3. – Қимати ϵ_l ҳангоми чараёни ошуфта

l/d			
	$Re = 2 \cdot 10^3$	$Re = 2 \cdot 10^4$	$Re = 2 \cdot 10^5$
1	1,9	1,51	1,28
2	1,70	1,40	1,22
5	1,44	1,27	1,15
10	1,28	1,18	1,10
15	1,18	1,13	1,08
20	1,13	1,11	1,06
30	1,05	1,05	1,03
40	1,02	1,02	1,02
50	1,00	1,00	1,00

б). Шорида гузаштани сатҳи уфуқӣ.

1). чараёни ламинарӣ – $Re < 4 \cdot 10^4$

$$Nu_{mdm} = 0,66 \cdot Re_{md}^{0,5} \cdot Pr_M^{0,33} \cdot (Pr_M/Pr_d)^{0,25}. \quad (9.19)$$

2). чараёни ошӯфта – $Re > 4 \cdot 10^4$

$$Nu_{mdm} = 0,037 \cdot Re_{md}^{0,5} \cdot Pr_M^{0,33} \cdot (Pr_M/Pr_d)^{0,25}. \quad (9.20)$$

в). Шорида гузаштани қубури ҷудогона (кунҷи ҷамла $\varphi = 90^\circ$).

1). ҳангоми $Re_{md} = 5 - 10^3$

$$Nu_{mdm} = 0,57 \cdot Re_M^{0,5} \cdot Pr_M^{0,38} \cdot (Pr_M/Pr_d)^{0,25}. \quad (9.21)$$

2). ҳангоми $Re_{md} = 10^3 - 2 \cdot 10^5$

$$Nu_{mdm} = 0,25 \cdot Re_M^{0,6} \cdot Pr_M^{0,38} \cdot (Pr_M/Pr_d)^{0,25}. \quad (9.22)$$

Масъалаҳо барои тақмилиҳӣ:

1. Қимати миёнаи зариби гармидиҳӣ α ва миқдори гармии додашуда Q ҳангоми ҷоришавии об дар қубури уфуқии кутраш d ва дарозияш l муайян карда шаванд. Суръати ҷоришавии об ω , ҳарорати об $t_{ж}$, ҳарорати девори қубур $t_{ст}$.

	1	2	3	4	5	6
$d, \text{ м}$	0,022	0,025	0,028	0,03	0,032	0,035
$l, \text{ м}$	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
$\omega, \text{ м/с}$	1,25	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
$t_{ж}, ^\circ\text{C}$	110	112	114	115	118	120
$t_{ст}, ^\circ\text{C}$	47	48	49	50	51	52

2. Зариби гармидиҳӣ аз оби гарми ҳарораташ 90°C , ки дар қорези ҳалқагии гармиивазкунаки «қубур дар қубур» ҷорӣ мешавад, ба девори қубур муайян карда шавад, агар сарфи об $4,2 \text{ м}^3/\text{соат}$, кутри дохилии қубури беруна 112 мм ва кутри берунии қубури дохилӣ 75 мм бошад.

3. Зариби гармидиҳӣ α_2 аз оби гарми ҳарораташ 90°C ба девори кубури қутраш 20 мм ёфта шавад, агар суръати об 1 м/с бошад.

Саволҳои санҷишӣ:

1. Конвексияи табиӣ ва маҷбурӣ чист?
2. Мубодилаи гармии конвективӣ чист?
3. Қадом омилҳо ба раванди гармидиҳӣ таъсир мерасонанд?
4. Қонуни асосии гармидиҳӣ.
5. Ифодаи қонуни Нютон-Рихман.
6. Зариби гармидиҳӣ чист ва воҳиди ченкунии онро муайян намоед?
7. Зариби гармидиҳӣ аз чӣ вобастагӣ дорад?
8. Усулҳои муайян намудани зариби гармидиҳӣ.
9. Моҳияти назарияи монандӣ.
10. Теоремаҳои монандӣ.
11. Меъёри Нусселт чиро тавсиф медиҳад?
12. Муодилаи меъёри чист?
13. Формулаҳои ҳисобии мубодилаи гармии конвективӣ.

Тестҳо барои назорати сатҳи дониш:

1. Раванди гузариши гармӣ ҳангоми ҳаракат ва омезиш чӣ ном дорад?
 - а) гармигузаронӣ
 - б) конвексия
 - в) афканишот
 - г) гармидиҳӣ
 - д) гармигузарӣ
2. Раванди мубодилаи гармӣ байни селлаи моеъ ё газ ва сатҳи ҷисми сахт чист?
 - а) гармигузаронӣ
 - б) конвексия
 - в) афканишот
 - г) гармидиҳӣ

д) гармигузарӣ

3. Ифодаи қонуни Нютон-Рихманро муайян намоед:

а) $Q = -\lambda \cdot F \cdot \partial t / \partial n$

б) $Q = \alpha \cdot (t_d - t_m) \cdot F$

в) $\text{grad} t = \partial t / \partial n \cdot n_0$

г) $Q = F \cdot K \cdot (t'_m - t''_m)$

д) $d^2 Q_n = dQ_n \cdot d\omega \cdot \cos \varphi$

4. Микдори гармии бо тарзи гармидиҳӣ гузаранда ба фарқи ҳарорати сатҳи ҷисм ва муҳити атроф мутаносиби роста мебошад:

а) қонуни Фурье

б) қонуни Нютон-Рихман

в) қонуни Кирхгофф

г) қонуни Стефан-Болтсман

д) қонуни Ҷоул

5. Дар формулаи $Q = \alpha \cdot (t_d - t_m) \cdot F$ ҳарфи α чиро ифода мекунад?

а) зариби гармигунҷоиш

б) зариби гармигузаронӣ

в) зариби ҳароратгузаронӣ

г) зариби гармидиҳӣ

д) зариби гармигузариш

6. Воҳиди зариби гармидиҳиро муайян намоед:

а) Вт/К

б) Вт/(мК)

в) Вт/(м²К)

г) Вт·м/К

д) Вт·м²/К

7. Зариби гармидиҳӣ аз кадом омилҳо вобаста аст?

а) табиати пайдошавии ҳаракат

б) речаи ҳаракат

- в) хосиятҳои физикӣ
- г) хосиятҳои механикӣ
- д) шакли сатҳ

8. Назарияи монандӣ дар чанд теорема асос ёфтааст?

- а) 1
- б) 2
- в) 3
- г) 4
- д) 5

9. Кадом меёри монандӣ мубодилаи гармиро байни сатҳи девор ва моеъро тавсиф медиҳад?

- а) меёри Рейнолдс
- б) меёри Нусселт
- в) меёри Грасгофф
- г) меёри Прандтл
- д) меёри Фурие

10. Кадом меёри монандӣ характери ҷоришавии моеъ ё газро тавсиф медиҳад?

- а) меёри Рейнолдс
- б) меёри Нусселт
- в) меёри Грасгофф
- г) меёри Прандтл
- д) меёри Фурие

11. Кадом меёри монандӣ қувваи болобардорандаро, ки дар натиҷаи фарқи зичии моеъ ё газ пайдо мешавад, тавсиф медиҳад?

- а) меёри Рейнолдс
- б) меёри Нусселт
- в) меёри Грасгофф
- г) меёри Прандтл
- д) меёри Фурие

12. Кадом меѐри монандї хосиятҳои физикии моеъро тавсиф медиҳад?

а) меѐри Рейнолдс

б) меѐри Нуссelt

в) меѐри Грасгофф

г) меѐри Прандтл

д) меѐри Фурие

МАВЗЎИ 10. АФКАНИШОТИ ГАРМӢ

10.1. Маълумоти умумӣ дар бораи афканишоти гармӣ

Энергияи шуоъ аз ҳисоби энергияи намудҳои дигар дар натиҷаи равандҳои мураккаби молекулавӣ ва дохилиатомӣ ба вучуд меояд. Табиати ҳамаи нурҳо якхела мебошад. Онҳо мавҷҳои электромагнитии дар фазо пахншавандаро тасвир меkunанд. Манбаи афканишоти гармӣ энергияи дохилии ҷисми гармшуда мебошад. Миқдори энергияи шуоъ асосан аз ҳосиятҳои физикӣ ва ҳарорати ҷисми афкананда вобаста аст. Мавҷҳои электромагнитӣ аз якдигар бо дарозии мавҷҳояшон фарқ меkunанд. Вобаста аз дарозии мавҷҳо λ нурҳо ҳосиятҳои гуногунро доранд. Дарозии камтаринро мавҷҳои кайҳонӣ $\lambda = (0,1 - 10)^{\circ}\text{A}$ дороанд, (дар ин ҷо А - ангстрем, воҳиди дарозӣ, $1^{\circ}\text{A} = 10^{-10}\text{м}$). Гамма – нурҳо, ки моддаҳои радиативӣ меафкананд, мавҷҳои дарозиашон то 10°A доранд; нурҳои Рентген - $\lambda = (10-200)^{\circ}\text{A}$; нурҳои ултрабунафш - $\lambda = 200^{\circ}\text{A} - 0,4\text{ мк}$ (мк — микрон, $1\text{ мк} = 0,001\text{ мм}$), нурҳои рӯшноӣ - $\lambda = (0,4-0,8)\text{ мк}$, нурҳои инфрасурх ё нурҳои гармӣ - $\lambda = (0,8 - 400)\text{ мк}$, нурҳои электромагнитӣ ё радио - $\lambda > 400\text{ мк}$. Аз ҳамаи нурҳо диққати бештар барои гармигузаронӣ нурҳои гармӣ бо $\lambda = (0,8 - 40)\text{ мк}$ доранд.

Афканишот барои ҳамаи ҷисмҳо хос мебошад ва ҳар яке аз онҳо энегияро бетанаффус меафкананд ва фурӯ мебаранд, агар ҳарорати он ба 0°K баробар набошад. Дар ҳарорати гуногун ё якхелаи байни ҷисмҳо, ки дар фазо дилхоҳ ҷойгир шудаанд, мубодилаи гармии афкананда бетанаффус вучуд дорад.

Ҳангоми мувозинати ҳароратии ҷисм миқдори энергияи додашуда ба миқдори энергияи фурӯбаранда баробар мешавад. Спектри афканишоти бисёр ҷисмҳои сахт ва моеъ бетанаффус мебошад. Ин ҷисмҳо нурҳои мавҷашон гуногунро бо дарозии мавҷ аз хурдтарин то калон меафкананд. Газҳо бошанд нурҳои на ҳама дарозии мавҷро меафкананд. Чунин афканишот интиҳобӣ номида мешавад. Афканишоти газҳо ҳаҷмӣ мебошад.

Афканишоти суммавӣ аз сатҳи ҷисм ба тамоми самтҳои фазои нимкуравӣ ва ба ҳамаи дарозииҳои мавҷи спектр *селаи шуои пурра* номида мешавад (Q).

Селаи шуои пурра, ки аз воҳиди сатҳ ба ҳамаи самтҳо меафканад, *қобилияти афканишоти ҷисм* номида мешавад ва чунин ишора мешавад

$$E = dQ / dF, [Вт/м^2] \quad (10.1)$$

дар ин ҷо: dQ – селаи шуои оддӣ, ки бо воҳиди сатҳ dF меафканад.

Ҳар як ҷисм метавонад на танҳо афканишот кунад, балки инъикос кунад, фурӯ барад ва нурҳои аз дигар ҷисм афтидари аз худ гузаронад. Агар миқдори умумии энергияи шуои ба ҷисм афтандаро бо Q ишора кунем, он гоҳ қисми энергияи ба A баробарро ҷисм фурӯ мебарад, қисми ба R баробарашро инъикос мекунад, қисми ба D баробараш бошад аз ҷисм мегузарад. Аз ин ҷо

$$Q = Q_A + Q_R + Q_D, \quad (10.2)$$

ё

$$A + R + D = 1. \quad (10.3)$$

Бузургии A – ро *зариби фурӯбарӣ* меноманд. Вай таносуби энергияи фурӯбурдаро ба энергияи умумии ба ҷисм афтандаро тавсиф мекунад. Бузургии R – ро *зариби инъикос* меноманд. R – таносуби энергияи инъикосшударо ба энергияи умумии ба ҷисм афтандаро нишон медиҳад. Бузургии D – ро *зариби нуфузпазирӣ* меноманд. D – таносуби энергияи аз ҷисм гузашта ба ҳама энергияи ба ҷисм афтанда мебошад. Барои бисёри ҷисмҳои сахт, ки аз худ энергияро қариб ки намегузаронанд, $A + R = 1$.

Агар сатҳ ҳамаи нури ба он афтандаро фурӯ барад, яъне $A = 1$, $R = 0$ ва $D = 0$, пас чунин сатҳро *қуллан сиёҳ* меноманд. Агар сатҳ ҳамаи нури ба он афтандаро инъикос кунад, пас чунин сатҳро *қуллан сафед* меноманд. Дар ин ҳолат $R = 1$, $A = 0$, $D = 0$ мебошад. Агар ҷисм барои нурҳои гармӣ пурра нуфузпа-

зир бошад, пас $D = 1$, $R = 0$ ва $A = 0$ аст. Дар табиат ҷисмҳои куллан сиёҳ, куллан сафед ва куллан шаффоф вучуд надоранд, вале мафҳум дар бораи онҳо барои муқоиса бо сатҳҳои воқеӣ бисёр муҳим мебошад.

Квартс барои нури гармӣ ношаффоф мебошад, вале барои нурҳои рӯшноӣ ва ултрабунафш шаффоф аст. Намак-санг барои нури гармӣ шаффоф аст, ва барои нурҳои ултрабунафш ношаффоф мебошад. Шишаи тиреза барои нури рӯшноӣ шаффоф аст, барои нурҳои ултрабунафш ва гармӣ шаффоф нест. Сатҳи сафед (матой, ранг) танҳо нурҳои намоёнро хуб инъикос мекунад, нурҳои гармиро бошад ҳамчун сатҳи сиёҳ хуб фурӯ мебарад. Ҳамин тавр хосияти фурӯбарӣ ё инъикоси нурҳои гармии ҷисм асосан аз ҳолати сатҳ, на аз ранги он вобаста мебошад.

Агар сатҳ нурҳои ба худ афтандаро бо ҳамон кунҷ инъикос кунад, чунин сатҳро оинавӣ меноманд. Агар нури афтанда дар вақти инъикосшавӣ ба нурҳои зиёди ба самтҳои гуногун пахншаванда ҷудо шавад, пас чунин инъикосро пахнкунада (диффузӣ) меноманд (мисол сатҳи бўр).

Ҳангоми тадқиқоти селҳои шуоъ тақсимшавии энергияи ҷисми куллан сиёҳи бо дарозии мавҷи алоҳидаи спектр афкананда аҳамияти калон дорад. Ба ҳама дарозии мавҷи нур ҳангоми ҳарорати муайян шиддатнокии афканишоти муайян - $I_{s\lambda}$ мувофиқат мекунад. *Шиддатнокии афканишот* ё шиддатнокии спектрӣ (монохроматикӣ) гуфта зичии селҳои шуои ҷисмро барои дарозии мавҷ аз λ то $\lambda + d\lambda$ мефаҳманд, ки ба фосилаи додашудаи дарозии мавҷ $d\lambda$ оварда шудааст:

$$I_{s\lambda} = dE_{s\lambda} / d\lambda, \quad (10.4)$$

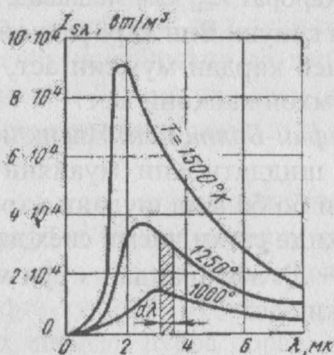
дар ин ҷо $I_{s\lambda}$ - шиддатнокии спектрӣ афканишоти ҷисми куллан сиёҳ.

10.2. Қонунҳои асосии афканишоти гармӣ

Қонуни Планк. Шиддатнокии афканишоти ҷисми куллан сиёҳ $I_{s\lambda}$ ва ҷисми дилхоҳи воқеӣ I_λ аз ҳарорат ва дарозии мавҷ вобаста аст. Ҷисми куллан сиёҳ дар ҳарорати додашуда

нурҳои дарозии мавҷашон гуногунро аз $\lambda = 0$ то $\lambda = \infty$ хориҷ мекунад. Агар бо ягон тарз нурҳои дарозии мавҷашон гуногунро аз ҳам ҷудо карда энергияи онҳоро ҷен кунем, пас маълум мешавад, ки тақсимшавии энергия дар спектр гуногун мебошад.

Бо зиёдшавии дарозии мавҷ энергияи шуоъҳо меафзояд, дар ягон дарозии мавҷ ба ҳадди аксар мерасад, баъд хурд мешавад. Ғайр аз ин барои нури ҳамон як дарозии мавҷ энергияи он бо баландшавии ҳарорати ҷисми шуоъҳоро хориҷкунанда зиёд мешавад (расми 10.1).



Расми 10.1. – Вобастагии дарозии мавҷ аз шиддатнокии афканишот

Планк чунин қонуни тағйирёбии шиддатнокии афканишоти ҷисми куллан сиёҳро дар вобастагӣ аз ҳарорат ва дарозии мавҷ ҷорӣ кард:

$$I_{\lambda} = c_1 \lambda^{-5} / (e^{c/(\lambda T)} - 1), \quad (10.5)$$

дар ин ҷо e – асоси логарифмаи натуралӣ; $c_1 = 3,74 \cdot 10^{-16}$ Вт/м²; $c_2 = 1,44 \cdot 10^{-2}$ м*град; λ – дарозии мавҷ, м; T – ҳарорати ҷисми нурафкананда, К.

Аз расми 10.1 дида мешавад, ки барои ҳарорати дилхоҳ шиддатнокии афканишот I_{λ} аз сифр (ҳангоми $\lambda=0$) то қимати калонтарини худ зиёд мешавад, сипас то сифр (дар $\lambda=\infty$) кам

мешавад. Ҳангоми баланд шудани ҳарорат шиддатнокии афканишот барои ҳар як дарозии мавҷ меафзояд.

Қонуни Вин. Ба ғайр аз ин аз расми 10.1 бармеоҷад, ки максимумҳои қатъи таҳво бо афзоиши ҳарорат ба тарафи мавҷҳои кӯтоҳтар ҳаракат мекунанд. Дарозии мавҷи λ_{ms} , ки ба қимати максималии $I_{s\lambda}$ мувофиқ аст, бо қонуни Вин муайян карда мешавад:

$$\lambda_{ms} = 2,9 / T. \quad (10.6)$$

Бо афзоиши ҳарорат λ_{ms} кам мешавад, ки аз қонун бармеоҷад. Бо истифода аз қонуни Вин ҳароратҳои баланди ҷисмҳоро аз масофаи дур чен кардан мумкин аст, масалан, фулӯзҳои гудохташуда, ҷисмҳои кайҳонӣ ва ғ.

Қонуни Стефан-Болтсман. Планк исбот кард, ки ба ҳар як дарозии мавҷ шиддатнокии муайяни афканишот мувофиқат мекунад, ки бо баланд шудани ҳарорат зиёд мешавад. Селаи гармии воҳиди сатҳи ҷисми сиёҳ дар фосилаи дарозии мавҷҳо аз λ то $\lambda + d\lambda$ афкананда аз рӯи муодилаи зерин муайян кардан мумкин аст

$$dE_s = I_{s\lambda} * d\lambda. \quad (10.7)$$

Майдончаи бунёдӣ (элементарӣ) дар расми 10.1, ки бо қатъаттаи $T = \text{const}$ асоси $d\lambda$, ординатаҳои λ ва $\lambda + d\lambda$ ($I_{s\lambda}$) маҳдуд шудааст, майдони энергияи dE_s — ро муайян мекунад ва қобилияти нурпошӣ ҷисми куллан сиёҳ барои дарозии мавҷҳои $d\lambda$ номида мешавад. Ҳамаи майдони байни қатъаттаи дилхоҳи $T = \text{const}$ ва гири абсиссаҳо ба афканишоти интегралӣ ҷисми сиёҳ дар ҳудуди аз $\lambda = 0$ то $\lambda = \infty$ ҳангоми ҳарорати додашуда баробар аст.

Қонуни Планк бо муодилаи (10.7) гузошта аз $\lambda = 0$ то $\lambda = \infty$ интеграл гирифта, меёбем, ки афканишоти интегралӣ (селаи гармӣ) ҷисми куллан сиёҳ ба дараҷаи чоруми ҳарорати мутлақ мутаносибан рост мебошад

$$E_s = C_s (T/100)^4, \quad (10.8)$$

дар ин ҷо $C_s = 5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ – зариби афканишоти ҷисми куллан сиёҳ.

Дар расми 10.1 миқдори энергияи ба қисми рӯшноии спектр (0,4—0,8 мк) мувофиқро қайд карда мушоҳида намудан мумкин аст, ки вай барои ҳароратҳои на он қадар баланд дар муқоиса бо энергияи афканишоти интегралӣ хело хурд мебошад. Фақат ҳангоми ҳарорати офтоб – 6000 К энергияи шуоъҳои рӯшноӣ тақрибан 50 % -и ҳамаи энергияи афканишоти ҷисми сиёхро ташкил медиҳад.

Ҳамаи ҷисмҳои воқеӣ, ки дар техника истифода бурда мешаванд, куллан сиёҳ намебошанд ва дар ҳамон як ҳарорат энергияи камтарро нисбат ба ҷисми куллан сиёҳ меафкананд.

Афканишоти ҷисмҳои воқеӣ инчунин аз ҳарорат ва дарозии мавҷ вобаста аст.

Барои он ки қонуни афканишоти ҷисмҳои сиёхро ба ҷисмҳои воқеӣ истифода бурдан мумкин шавад, мафҳум дар бораи ҷисми тира ва афканишоти тира дароварда мешавад. *Афканишоти тира* гуфта чунинро мефаҳманд, ки монанди афканишоти ҷисми сиёҳ спектри пурра дорад, аммо шиддатнокии нурҳо барои ҳар як дарозии мавҷ I_λ дар ҳарорати дилхоҳ ҳиссаи бетағйирро аз шиддатнокии ҷисми сиёҳ $I_{s\lambda}$ тартиб медиҳад, яъне чунин таносуб мавҷуд аст:

$$I_\lambda / I_{s\lambda} = \varepsilon = \text{const}. \quad (10.9)$$

Бузургии ε - ро *дараҷаи сиёҳӣ* меноманд. Вай аз хосиятҳои физикии ҷисм вобаста мебошад. Дараҷаи сиёҳии ҷисмҳои тира ҳамавақт аз як хурд мебошад.

Аксарияти ҷисмҳои саҳти воқеӣ бо дараҷаи муайяни дақиқӣ ҷисмҳои тира ва афканишоти онҳоро бошад афканишоти тира ҳисобидан мумкин аст. Энергияи афканишоти интегралӣ ҷисми тира:

$$E = \varepsilon \cdot E_s = C \cdot (T/100)^4. \quad (10.10)$$

Қобилияти нурпошии ҷисми тира ҳиссаеро ташкил медиҳад, ки ба ϵ аз қобилияти нурпошии ҷисми сиёҳ баробар аст.

Бузургии $C = \epsilon \cdot E_s$ -ро зароби афканишоти ҷисми тира меноманд. Бузургии C барои ҷисмҳои воқеӣ дар ҳолати умумӣ на танҳо аз хосиятҳои физикии ҷисм, балки аз ҳолати сатҳ ё аз ноҳамвории он, инчунин аз ҳарорат ва дарозии мавҷ низ вобаста мебошад.

Қиматҳои зарбҳои афканишот ва дараҷаи сиёҳии ҷисмҳоро аз ҷадвалҳо мегиранд.

Ҷадвали 10.1. – Дараҷаи сиёҳии афканишоти мӯътадили пурра барои масолеҳи гуногун

Номгӯи масолеҳ	$t, ^\circ\text{C}$	ϵ
Алюминийи суфташуда	50—500	0,04—0,06
Нуқра	50	0,1
Оҳани варақавии руҳандуд, ҷилонок	30	0,23
Тунокаи сафед, қадим	20	0,28
Тиллои суфташуда	200 - 600	0,02—0,03
Биринҷии бечило	20-350	0,22
Миси суфташуда	50—100	0,02
Никели суфташуда	200—400	0,07—0,09
Қалъагии ҷилонок	20—50	0,04—0,06
Нуқраи суфташуда	200—600	0,02—0,03
Пӯлоди варақавӣ	50	0,56
Пӯлоди зангзада	200—600	0,8
Пӯлоди сахт зангзада	500	0,98
Рехтаи ҷӯяни	50	0,81
Картони шишапахта	20	0,96
Чӯби рандашуда	20	0,8—0,9
Ҳишти ба оташ тобовар	500—1000	0,8—0,9
Ҳишти гилбӯта	1000	0,75

Хишти сурх, ноҳамвор	20	0,88—0,93
Лаки сиёҳ, бечило	40—100	0,96—0,98
Лаки сафед	40—100	0,8—0,95
Рангҳои равшани гуногунранг	100	0,92—0,96
Сиёҳии чароғ	20—400	0,95
Шиша	20—100	0,91—0,94
Минои сафед	20	0,9

Қонуни Кирхгоф. Барои ҳама гуна ҷисм қобилияти афканишот ва фурубарӣ аз ҳарорат ва дарозии мавҷ вобаста аст. Ҷисмҳои гуногун қиматҳои гуногуни E ва A — ро доранд.

Вобастагии байни онҳо бо қонуни Кирхгоф ифода карда мешавад:

$$E = E_s \cdot A \text{ ё } E/A = E_s = E_s/A_s = C_s \cdot (T/100)^4. \quad (10.11)$$

Таносуби қобилияти афканишоти ҷисм ба қобилияти фурубарии он барои ҳама ҷисмҳои тира, ки дар ҳарорати яхела мебошанд, яхела буда ба қобилияти афканишоти ҷисми куллан сиёҳ дар ҳама ҳарорат баробар аст.

Аз қонуни Кирхгоф бармеояд, ки агар ҷисм қобилияти хурди фурубариро доро бошад, он гоҳ қобилияти хурди афканишотро ҳам соҳиб мебошад (фулӯзоти суфташуда). Ҷисми куллан сиёҳ, ки соҳиби қобилияти ҳадди аксари фурубарӣ мебошад, қобилияти афканишоти калонтаринро дорад.

Қонуни Кирхгоф барои афканишоти монохроматикӣ низ дуруст мебошад.

Таносуби шиддатнокии афканишоти ҷисм ҳангоми дарозии муайяни мавҷ ба қобилияти фурубарии он дар ҳама дарозии мавҷ барои ҳамаи ҷисмҳо яхела мебошад, агар онҳо дар ҳарорати яхела бошанд ва ададан ба шиддатнокии афканишоти ҷисми куллан сиёҳ дар ҳама дарозии мавҷ ва ҳарорат баробар бошад, яъне он функсияи танҳо дарозии мавҷ ва ҳарорат аст:

$$E_{\lambda} / A_{\lambda} = I_{\lambda} / A_{\lambda} = E_{s\lambda} = I_{s\lambda} = f(\lambda, T). \quad (10.12)$$

Бинобар ин чисме, ки энергияро дар ягон дарозии мавҷ меафканад, дар ҳамин дарозии мавҷ метавонад онро фуру барад. Агар чисм дар ягон қисми спектр энергияро фуру на- барад, пас он дар ҳамин қисми спектр афканишот намеку- над.

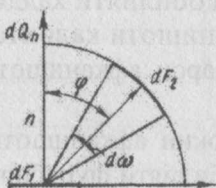
Аз қонуни Кирхгоф инчунин бармеояд, ки дараҷаи сиёҳии қисми тира ε ҳангоми ҳамон як ҳарорат ададан ба зариби фурубарии A баробар аст:

$$\varepsilon = I_{\lambda} / I_{s\lambda} = E / E_{s\lambda} = C / C_{s\lambda} = A. \quad (10.13)$$

Қонуни Ламберт. Энергияи шуои аз қисм афкананда дар фазо ба самтҳои гуногун бо шиддатнокии ҳархела паҳн ме- шавад. Қонуни вобастагии шиддатнокии афканишотро аз самт ҷорикунанда, қонуни Ламберт номида мешавад.

Қонуни Ламберт нишон медиҳад, ки миқдори энергияи шуоъ аз воҳиди сатҳи dF_1 дар самти сатҳи dF_2 хориҷшуда ба ҳосили зарби миқдори энергия dQ_n ба бузургии кунҷи фазогӣ $d\omega$ ва $\cos\varphi$ байни самти афканишот ва нормал мутаносиби роста аст (расми 10.2):

$$d^2Q_n = dQ_n \cdot d\omega \cdot \cos\varphi. \quad (10.14)$$



Расми 10.2. – Барои баровардани қонуни Ламберт

Аз ин ҷо миқдори зиёдтарини энергияи шуоъ дар самти амудӣ бар сатҳи афканишот пошида мешавад, яъне ҳангоми ($\varphi = 0$). Бо афзоиши φ миқдори энергияи шуоъ кам мешавад ва

ҳангоми $\varphi = 90^\circ$ будан ба сифр баробар аст. Қонуни Ламберт барои ҷисми куллан сиёҳ ва ҷисмҳое, ки дорои афканишоти диффузионӣ ҳангоми $\varphi = 0 - 60^\circ$ ҳастанд, пурра дуруст аст.

Барои сатҳҳои суфташуда қонуни Ламберт мутобиқ намебошад. Барои онҳо афканишот дар кунҷи φ нисбат ба самти ба сатҳ амудӣ зиёд мебошад.

Масъалаҳо барои тақмилдиҳӣ:

1. Сатҳи лозимии гармигузарии гармиивазкунаки зиреҳ-кубурии якраҳа барои гарм кардани маҳсулоти помидор ба миқдори **4000 кг/соат** аз **20°C** то **90°C** бо буги обии ҳарораташ **106°C** муайян карда шавад. Гармигунҷоиши миёнаи маҳсулот **4000 $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$** , зариби гармигузарӣ **800 $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{K})$** , талафоти гармӣ ба муҳити атроф **3 %** мебошад.
2. Муқовимати гидравликии сексияи гармиивазкунаки саҳфавии иборат аз **48** саҳфаҳои **П-2** муайян карда шавад, агар ҳаҷми маҳсулоти аз адот чоришаванда **$6,5 \text{ м}^3/\text{соат}$** , зичии он **$164 \text{ кг}/\text{м}^3$** , бари села **270 мм**, масофаи байни саҳфаҳо **2,8 мм** бошад. Суръати села **0,6 м/с**, часпакии кинематикии он **$11\cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$** мебошад.

Саволҳои санҷишӣ:

1. Афканишот чист?
2. Нурҳои гармӣ кадом дарозии мавҷро соҳибанд?
3. Хусусияти афканишоти ҷисмҳои саҳт ва газӣ.
4. Қобилияти афканишоти ҷисм чист?
5. Шиддатнокии афканишот чист?
6. Ҷисмҳои куллан сиёҳ, куллан сафед ва куллан шаффофро тасвиф диҳед.
7. Қонуни Планк.
8. Қонуни Вин.
9. Қонуни Стефан-Болтсман.
10. Қонуни Кирхгофф.
11. Қонуни Ламберт.

12. Мафхуми ҷисми тира.
13. Дараҷаи сиёҳии ҷисмҳо.

Тестҳо барои назорати сатҳи дониш:

1. Раванди гузариши гармиро дар шакли мавҷҳои электромагнитӣ чӣ меноманд?
- а) гармигузаронӣ
 - б) конвексия
 - в) афканишот
 - г) гармидиҳӣ
 - д) гармигузарӣ
2. Манбаи афканишоти гармӣ:
- а) энергияи потенциалӣ
 - б) энергияи кинетикӣ
 - в) энергияи дохилӣ
 - г) энергияи ҷудоӣ
 - д) энергияи берунӣ
3. Кадом нурҳои гармӣ меафкананд?
- а) ултрабунафш
 - б) рӯшноӣ
 - в) инфрасурх
 - г) радио
 - д) Рентген
4. Дарозии мавҷҳои афканишоти гармӣ:
- а) $\lambda > 400 \text{ мк}$
 - б) $\lambda = (0,8 - 400) \text{ мк}$
 - в) $\lambda = (0,4 - 0,8) \text{ мк}$
 - г) $\lambda = 200^\circ\text{А} - 0,4 \text{ мк}$
 - д) $\lambda = (10 - 200)^\circ\text{А}$
5. Селаи шуои пурра, ки аз воҳиди сатҳ ба ҳамаи сатҳҳо меафканад:

- а) спектри афканишот
- б) қобилияти афканишот
- в) энергияи афканишот
- г) шиддатнокии афканишот
- д) дарозии мавҷ

6. Хусусияти афканишоти газҳо:

- а) сатҳӣ
- б) ҳаҷмӣ
- в) интихобӣ
- г) ҳатмӣ
- д) дохилӣ

7. Сатҳи тамоми нури ба он афтандаро фурубаранда чӣ ном дорад?

- а) куллан тира
- б) куллан сиёҳ
- в) куллан сафед
- г) куллан сурх
- д) куллан шаффоф

8. Сатҳи тамоми нури ба он афтандаро инъикоскунанда чӣ ном дорад?

- а) куллан тира
- б) куллан сиёҳ
- в) куллан сафед
- г) куллан сурх
- д) куллан шаффоф

9. Сатҳи тамоми нури ба он афтандаро гузаронанда чӣ ном дорад?

- а) куллан тира
- б) куллан сиёҳ
- в) куллан сафед
- г) куллан сурх

д) куллан шаффоф

10. Афканишоти интегралии чисми куллан сиёҳ ба дараҷаи чоруми ҳарорати мутлақ мутаносиби роста мебошад:

а) Қонуни Планк

б) Қонуни Вин

в) Қонуни Стефан-Болтсман

г) Қонуни Кирхгофф

д) Қонуни Ламберт

11. Формулаи $d^2Q_n = dQ_n \cdot d\omega \cdot \cos\varphi$ ифодаи кадом қонун мебошад?

а) Қонуни Планк

б) Қонуни Вин

в) Қонуни Стефан-Болтсман

г) Қонуни Кирхгофф

д) Қонуни Ламберт

12. Барои ҳама гуна ҷисм қобилияти афканишот ва фурӯбарӣ аз ҳарорат ва дарозии мавҷ вобаста аст:

а) Қонуни Планк

б) Қонуни Вин

в) Қонуни Стефан-Болтсман

г) Қонуни Кирхгофф

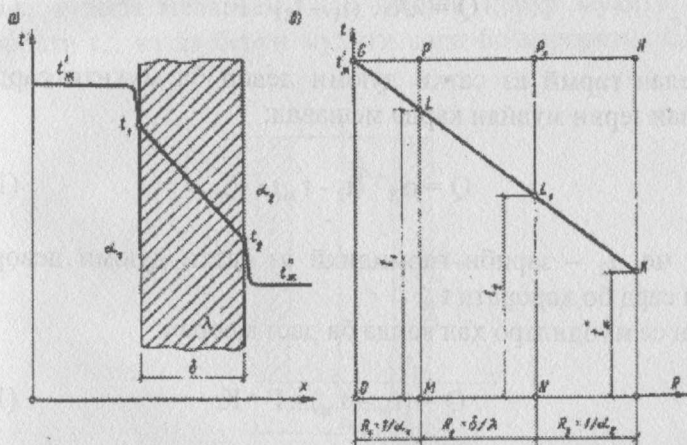
д) Қонуни Ламберт

МАВЗҶҮИ 11. ГАРМИГУЗАРИШ

11.1. Гармигузариш аз девори ҳамвор

Гармигузариш гуфта, гузариши гармиро аз ноқили гарм ба ноқили сард аз девори ин ноқилҳоро ҷудоқунанда меноманд.

Мисолҳои гармигузариш инҳо мебошанд: гузариши гармӣ аз оби гармқунандаи системаҳои гармидиҳӣ ба ҳавои дохили бино; гузариши гармӣ аз газҳои дудӣ ба об тавассути девори қубурҳои ҷӯшиш дар деғҳои бугӣ; гузариши гармӣ аз газҳои тафсон ба оби (моеи) хунукшаванда тавассути девори устуворнаи муҳаррики дарунсӯз; гузариши гармӣ аз ҳавои дохилии бино ба ҳавои беруна ва ғ. Ҳангоми ин девори ҷудоқунанда ноқили гармӣ мебошад, ки тавассути он гармӣ бо гармигузаронӣ ва аз девори ба муҳити атроф бо конвексия ва афканишот дода мешавад. Бинобар ин раванди гармигузариш раванди мураккаби мубодилаи гармӣ мебошад.



Расми 11.1. – Нақшаи гармигузарӣ байни ду моеъ тавассути девори ҳамвор (а) ва усули нақшавии муайян кардани майдони ҳароратӣ дар девор (б)

Ҳангоми гузариши гармӣ аз девор ба муҳити атроф асосан мубодилаи гармии конвективӣ бартарӣ дорад, барои ҳамин чунин мисолҳо омӯхта мешаванд.

1). *Гармигузариш аз девори ҳамвор*

Девори якқабатаи ҳамворро бо ғафсии δ ва гармигузаронии λ (расми 11.1) дида мебароем.

Ҳарорати моеи гарм (муҳит) t'_m , моеи сард (муҳит) t''_m .

Миқдори гармии аз ҷисми (муҳити) гарм ба девор додашуда мувофиқи қонуни Нютон-Рихман чунин намудро дорад:

$$Q = \alpha_1 \cdot (t'_m - t_1) \cdot F, \quad (11.1)$$

дар ин ҷо α_1 – зариби гармидиҳӣ аз муҳити гарм ба ҳарорати t'_m ба сатҳи девор бо ҳарорати t_1 ;

F – сатҳи ҳисобии девори ҳамвор.

Селаи гармии тавассути девор додашуда бо муодилаи зерин муайян карда мешавад:

$$Q = \lambda / \delta \cdot (t_1 - t_2) \cdot F. \quad (11.2)$$

Селаи гармӣ аз сатҳи дуҷуми девор ба муҳити сард бо формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$Q = \alpha_2 \cdot (t_2 - t''_m) \cdot F, \quad (11.3)$$

дар ин ҷо α_2 – зариби гармидиҳӣ аз сатҳи дуҷуми девор ба муҳити сард бо ҳарорати t''_m .

Ин се муодиларо ҳал карда ба даст меорем:

$$Q = (t'_m - t''_m) \cdot F \cdot K, \quad (11.4)$$

дар ин ҷо $K = 1 / (1/\alpha_1 + \lambda + 1/\alpha_2)$ – *зариби гармигузариш*,
(11.5)

$R_0 = 1/K = (1/\alpha_1 + \delta/\lambda + 1/\alpha_2)$ – муқовимати гармивии пурраи гармигузариш тавассути девори ҳамвори якҷабата. (11.6)

$1/\alpha_1, 1/\alpha_2$ – муқовимати гармивии гармидихии сатҳҳои девор;
 δ/λ – муқовимати гармивии девор.

2) Барои девори ҳамвори бисёрҷабата муқовимати гармивии пурра бо чунин формула муайян мешавад:

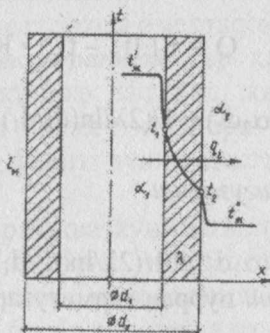
$$R_0 = (1/\alpha_1 + \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2 + \dots + \delta_n/\lambda_n + 1/\alpha_2), \quad (11.7)$$

ва зариби гармигузариш:

$$K = 1 / (1/\alpha_1 + \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2 + \dots + \delta_n/\lambda_n + 1/\alpha_2). \quad (11.8)$$

11.2. Гармигузариш аз девори устунавӣ (силиндри)

Тарзи ҳисоби селани гармӣ аз девори устунавӣ чӣ хеле ки барои девори ҳамвор буд, ҳамон хел аст. Кубури якҷинсaro бо гармигунҷоиши λ , кутри дохилии d_1 , кутри берунии d_2 , дарозии l дида мебароем. Дар дохили кубур муҳити гарм бо ҳарорати t_m , ва аз берун муҳити сард бо ҳарорати t_m'' ҷойгир шудааст.



Расми 11.2. – Гармигузарӣ байни ду моеъ тавассути девори устунавӣ

Микдори гармии аз муҳити гарм ба девори дохилии қубур додашуда мувофиқи қонуни Нютон-Рихман намуди зеринро дорад:

$$Q = \pi \cdot d_1 \cdot \alpha_1 \cdot l \cdot (t'_m - t_1), \quad (11.9)$$

дар ин ҷо α_1 – зариби гармидиҳӣ аз муҳити гарм бо ҳарорати t'_m ба сатҳи девори ҳарораташ t_1 ;

Селаи гармии аз девори қубур гузаранда бо муодилаи зерин муайян мешавад.

$$Q = 2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot l \cdot (t_1 - t_2) / \ln(d_2/d_1). \quad (11.10)$$

Селаи гармии аз сатҳи дуҷони девори қубур ба муҳити сард додашуда бо чунин формула муайян мешавад:

$$Q = \pi \cdot d_2 \cdot \alpha_2 \cdot l \cdot (t_2 - t''_m), \quad (11.11)$$

дар ин ҷо α_2 – зариби гармидиҳӣ аз сатҳи дуҷони девор ба муҳити сарди ҳарораташ t''_m .

Ин муодилаҳоро ҳалкарда ба даст меорем:

$$Q = \pi l \cdot (t'_m - t''_m) \cdot K_1, \quad (11.12)$$

$$\text{дар ин ҷо} \quad K_1 = 1/[1/(\alpha_1 d_1) + 1/(2\lambda/\ln(d_2/d_1)) + 1/(\alpha_2 d_2)] - \quad (11.13)$$

- зариби ҳаттии гармигузариш

$$\text{ё} \quad R_1 = 1/K_1 = [1/(\alpha_1 d_1) + 1/(2\lambda/\ln(d_2/d_1)) + 1/(\alpha_2 d_2)] - \quad (11.14)$$

- муқовимати гармивии пурраи гармигузариш тавассути девори якҷабатаи устунавӣ.

$1/(\alpha_1 d_1)$, $1/(\alpha_2 d_2)$ – муқовимати гармивии гармидиҳии сатҳҳои девор:

$1/(2\lambda/\ln(d_2/d_1))$ – муқовимати гармивии девор.

Барои девори устунавии бисёрқабата (n қабат) муқовимати гармивии хаттии пурра бо формулаи зерин муайян мешавад:

$$R_1 = 1/K_1 = [1/(\alpha_1 d_1) + 1/(2\lambda_1/\ln(d_2/d_1)) + 1/(2\lambda_3/\ln(d_3/d_2)) + \dots + 1/(2\lambda_n/\ln(d_{n+1}/d_n)) + 1/(\alpha_2 d_n)] \quad (11.15)$$

11.3. Намудҳои дастгоҳҳои мубодилаи гармӣ

Дастгоҳҳои гармиивазкунӣ гуфта чунин дастгоҳҳоро меноманд, ки дар он як моеъ - муҳити гарм, гармиро ба моеи дигар - муҳити сард медиҳад. Ба сифати *нокили гармӣ* дар дастгоҳҳои гармӣ намудҳои гуногуни моеъи қатрагӣ ва чандирӣ дар фосилаи васеи фишор ва ҳарорат истифода мешавад. Аз рӯи тарзи кор дастгоҳҳоро ба регенеративӣ, рекуперативӣ ва омезишӣ ҷудо мекунанд.

Дар **дастгоҳҳои регенеративӣ** нокили гарм ба қисми гармиҷамъкунанда гармии худро медиҳад, ки он дар навбати худ давраи гармиашро ба моеъи дуюм – нокили сард медиҳад, яъне ҳамон як сатҳи гармкунӣ гоҳ бо моеъи гарм ва гоҳ бо сард шуста мешавад.

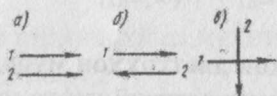
Дар **дастгоҳҳои омезишӣ** гузариши гармӣ аз моеи гарм ба моеи сард ҳангоми омезиши бевоситаи онҳо ба амал меояд (масалан, конденсаторҳои омехтасозанда).

Дастгоҳҳои рекуперативӣ дар ҳама соҳаҳои техника махсусан васеъ инкишоф ёфтаанд, ки дар онҳо гармӣ аз моеъи гарм ба сард тавассути девори ҷудокунонда дода мешавад. Дар оянда фақат чунин дастгоҳҳо дида баромада мешаванд.

Дастгоҳҳои гармиивазкунӣ таъиноти гуногунро дошта метавонанд - деғҳои бугӣ, конденсаторҳо, бугсӯзонакҳо, асбобҳои гармидиҳии марказонида ва ғ. Дастгоҳҳои гармиивазкунӣ дар бисёр ҳолатҳо аз якдигар ҷӣ ҳел бо шакл ва андозаҳои худ, ҳамин ҳел бо ҷисмҳои кории дар онҳо истифодашаванда хело фарқ мекунанд. Ба гуногунии дастгоҳҳои гармиивазкунӣ нигоҳ накарда, ҳолатҳои асосии ҳисоби гармивии онҳо умумӣ мекунанд.

Дар дастгоҳҳои гармиивазкунӣ ҳаракати моеъ бо се нақшаи асосӣ амалӣ мегардад.

Агар самти ҳаракати ноқилҳои гарм ва сард якхела бошанд, пас чунин ҳаракатро *ҳамсамт* меноманд (расми 11.3, а).



Расми 11.3. – Нақшаҳои асосии ҳаракати моеъ

Агар самти ҳаракати ноқили гарм ба самти ҳаракати ноқили сард муқобил бошад, пас чунин ҳаракат *муқобилсамт* номида мешавад (расми 11.3, б). Ва агар ноқили гарм амудан ба самти ноқили сард ҳаракат кунад, пас чунин ҳаракатро бо ҷараёни *салибӣ* меноманд (расми 11.3, в). Ба ғайр аз ин нақшаҳои асосии ҳаракати моеъҳо дар дастгоҳҳои гармиивазкунӣ нақшаҳои мураккабтарро, ки ҳамаи се нақшаи асосиро дар бар мегирад, низ истифода мебаранд.

11.4. Ҳисоби дастгоҳҳои мубодилаи гармӣ

Мақсади ҳисоби гармивӣ муайян кардани сатҳи гармиивазкунӣ аст, агар охиринаш маълум бошад, пас мақсади ҳисоб муайян намудани ҳароратҳои ниҳонии моеъҳои корӣ мебошад. Муодилаҳои асосии ҳисобии гармиивазкунӣ ҳангоми речаи муқарраршуда муодилаҳои гармигузарӣ ва мувозии гармӣ мебошанд. *Муодилаи гармигузарӣ:*

$$Q = k \cdot F \cdot (t_1 - t_2),$$

дар ин ҷо Q — селайи гармӣ, Вт,

k — зариби миёнаи гармигузарӣ, Вт/(м²град),

F — сатҳи гармиивазкунӣ дар дастгоҳ, м²,

t_1 ва t_2 — мувофиқан ҳароратҳои ноқилҳои гарм ва сард.

Муодилаи мувозии гармӣ дар шароити набудани талафоти гармӣ ва гузариши ҷузъӣ:

$$Q = m_1 \cdot \Delta t_1 = m_2 \cdot \Delta t_2,$$

ё

$$Q = V_1 \rho_1 \cdot c_{p1} \cdot (t'_1 - t''_1) = V_2 \rho_2 \cdot c_{p2} \cdot (t''_2 - t'_2), \quad (11.16)$$

дар ин ҷо $V_1 \rho_1$, $V_2 \rho_2$ – сарфи массавии ноқилҳои гармӣ, кг/с, c_{p1} ва c_{p2} – гармигунҷоиши массавии миёнаи моеъҳо дар фосилаи ҳарорати аз t' то t'' ,

t'_1 ва t''_1 – ҳарорати моеъҳо ҳангоми даромадан ба дастгоҳ;

t'_2 ва t''_2 – ҳарорати моеъҳо ҳангоми баромадан аз дастгоҳ.

Қимати ҳосили зарби

$$V \cdot \rho \cdot c_p = W, \text{ Вт/град}$$

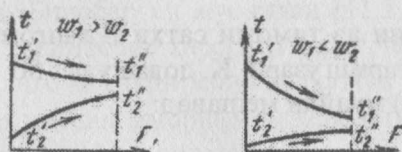
муъодили (эквиваленти) обӣ, ё ин ки шартӣ меноманд.

Бо дарназардошти ин муодилаи мувозии гармӣ дар намуди зерин навиштан мумкин аст:

$$(t'_1 - t''_1) / (t''_2 - t'_2) = W_2 / W_1, \quad (11.17)$$

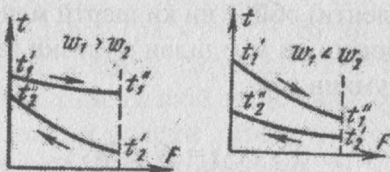
W_2 , W_1 – муъодилҳои шартии моеъҳои гарм ва сард.

Ҳангоми гузаштани моеъҳои корӣ аз дастгоҳи гарми-ивазкунӣ ҳарорати моеъҳои гарм ва сард тағйир меёбад. Ба тағйирёбии ҳарорат нақшаи ҳаракати моеъҳо ва бузургии муъодилҳои шартӣ таъсири калон мерасонанд. Дар расми 11.4 нақшаи ҳароратҳо барои дастгоҳҳои ҳаракати ноқилҳояшон ҳамсамт, дар расми 11.5 бошад барои ҳаракати муқобилсамт нишон дода шудааст.



Расми 11.4. – Нақшаи ҳароратҳо барои дастгоҳҳои ҳаракати ноқилҳояшон ҳамсамт

Чӣ хеле, ки аз расми 11.4 бармеояд, ҳангоми ҳаракати ҳамсамт ҳарорати ниҳони ноқили сард аз ҳарорати ниҳони ноқили гарм доимо хурд мебошад. Ҳангоми ҳаракати муқобилсамт (расми 11.5) ҳарорати ниҳони моеъи сард метавонад, аз ҳарорати ниҳони моеъи гарм хеле калон бошад. Аз ин ҷо, дар дастгоҳҳо бо ҳаракати муқобилсамт муҳити сардро то ҳарорати баландтар нисбат ба ҳаракати ҳамсамт ҳангоми шароити яхелаи аввала гарм кардан мумкин аст. Ба ғайр аз ин, чи тавре ки аз расмҳо дида мешавад, дар қатори тағйирёбии ҳароратҳо ҳамчунин фарқи ҳарорат байни моеъҳои корӣ ё шиддати ҳароратии Δt ҳам тағйир меёбад.



Расми 11.5. – Нақшаи ҳароратҳо барои дастгоҳҳои ҳаракати ноқилҳои муқобилсамт

Бузургҳои Δt ва k -ро фақат дар ҳудуди сатҳи оддии муодилаи гармӣ dF доимӣ қабул кардан мумкин аст. Бинобар ин муодилаи гармигузарӣ барои сатҳи оддии гармиивазкунии dF танҳо дар шакли тафриқавӣ дуруст мебошад:

$$dQ = k \cdot dF \cdot \Delta t. \quad (11.18)$$

Селаи гармии аз тамоми сатҳи F ҳангоми доимӣ будани зариби миёнаи гармигузарӣ K додашуда, бо интегронидани муодилаи (11.18) муайян мешавад:

$$Q = \int k \cdot dF \cdot \Delta t = k \cdot F \cdot \Delta t_m, \quad (11.19)$$

дар ин ҷо Δt_m – шиддати миёнаи логарифмии ҳароратӣ дар тамоми сатҳи гармкунӣ.

Барои ҳолатҳое, ки зароби гармигузарӣ дар қитъаҳои алоҳидаи сатҳи гармиивазкунӣ зиёд тағйир меёбад, қимати миёнаи онро қабул мекунанд:

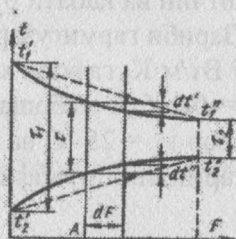
$$k_m = (F_1 \cdot k_1 + F_2 \cdot k_2 + \dots + F_n \cdot k_n) / (F_1 + F_2 + \dots + F_n).$$

Он гоҳ ҳангоми $k_m = \text{const}$ будан, муодилаи (11.9) чунин намудро мегирад:

$$Q = \int k_m \Delta t \cdot dF = k_m \cdot \Delta t_m \cdot F. \quad (11.20)$$

Агар ҳарорати ноқилҳои гармӣ бо қонуни хати рост тағйир ёбад (расми 11.6, хатҳои қаторнуқта), пас шиддати миёнаи ҳароратӣ дар дастгоҳ ба фарқи қиматҳои миёнаи арифметикӣ баробар аст:

$$\Delta t_m = (t'_1 + t''_1)/2 - (t'_2 + t''_2)/2. \quad (11.21)$$



Расми 11.6. – Тағйирёбии ҳарорати ноқилҳои гармӣ

Лекин ҳароратҳои моеъҳои корӣ бо қонуни хати қавр тағйир меёбанд. Бинобар ин муодилаи (11.21) тақрибӣ мебошад ва ҳангоми тағйирёбии ҳарорати ҳарду ҷисм истифода шуда метавонад. Ҳангоми тағйирёбии қаврхаттаи ҳарорат бузургии Δt_m -ро шиддати миёнаи логарифмӣ ҳароратӣ меноманд ва бо чунин формулаҳо муайян мекунанд:

барои дастгоҳҳо бо ҳаракати ҳамсамт:

$$\Delta t_m = [(t'_1 - t'_2) - (t''_1 - t''_2)] / \ln[(t'_1 - t'_2)/(t''_1 - t''_2)]. \quad (11.22)$$

барои дастгоҳҳо бо ҳаракати муқобилсамт:

$$\Delta t_m = [(t'_1 - t''_2) - (t''_1 - t'_2)] / \ln[(t'_1 - t''_2)/(t''_1 - t'_2)] \quad (11.23)$$

Қиматҳои ададии Δt_m барои дастгоҳҳо бо ҳаракати муқобилсамт ҳангоми шароити якхела доимо аз Δt_m барои ҳаракати ҳамсамт зиёд мебошад, барои ҳамин дастгоҳҳо бо ҳаракати муқобилсамт андозаҳои хурдтарро доранд.

Масъалаҳо барои такмилдиҳӣ:

1. Зариби гармигузариш аз девор, ки аз хиштчини ғафсиаш $\delta_1 = 0,25$ м ва зариби гармигузарониаш $\lambda_1 = 0,75$ Вт/м·К иборат аст, муайян карда шавад. Аз тарафи дохили девор бо ҳавои гарми зариби гармидиҳиаш $\alpha_1 = 20$ Вт/м²·К ва аз берун бо ҳавои $\alpha_2 = 9$ Вт/м²·К шуста мегузарад. Девори хиштчин қабати андоваи ғафсиаш $\delta_2 = 0,08$ м, ки зариби гармигузарониаш $\lambda_2 = 0,7$ Вт/м·К мебошад, дорад.
2. Селаи хоси гармӣ, ки аз девори ҳамвори дуқабата (1 м^2) мегузарад ва аз хиштчин ва қабати рӯйпӯш иборат аст, муайян карда шавад. Зариби гармигузарониши хишт $\lambda_k = 0,75$ Вт/м·К ва $\lambda_d = 0,35$ Вт/м·К, ғафсии хиштчин $\delta_k = 0,25$ м ва рӯйпӯш аз чӯб $\delta_d = 0,015$ м мебошад. Ҳарорати ҳаво дар тарафи дохилии девор $t_{f1} = 25$ °С ва аз тарафи берунии он $t_{f2} = -5$ °С. Зариби гармидиҳӣ мувофиқан $\alpha_1 = 30$ Вт/м²·К ва $\alpha_2 = 6$ Вт/м²·К.
3. Дар гармиивазкунак дар давоми 1 соат $0,3 \text{ м}^3$ моеи гарми зичиаш 1050 кг/м^3 ва гармиғунҷоишаш 3050 Дж/кг·К хунук кардан лозим аст. Ҳарорати аввалии моеъ 100 °С. Барои хунуккунӣ $1 \text{ м}^3/\text{соат}$ об бо ҳарорати 10 °С истифода бурда мешавад. Барои дастгоҳи мазкур қимати зариби гармигузарӣ $K = 40$ Вт/м²·К ва сатҳи дастгоҳ 9 м^2 маълуманд. Ҳарорати ниҳоии моеъ ва сарфи гармӣ ҳангоми ҳаракати яксамт муайян карда шаванд.

Саволҳои санҷишӣ:

1. Гармигузариш чист?
2. Гармигузариш аз девори ҳамвор.
3. Муодилаи асосии гармигузариш.

4. Муқовимати гармивии гармигузариш.
5. Зариби гармигузариш ва воҳиди он.
6. Муодилаи гармигузариш барои девори бисёрқабата.
7. Гармигузариш тавассути девори устунавӣ.
8. Дастгоҳҳои гармиивазкунӣ ва таснифи онҳо.
9. Дастгоҳҳои регенеративӣ.
10. Дастгоҳҳои омезишӣ.
11. Дастгоҳҳои рекуперативӣ.
12. Нақшаи асосии ҳаракати моеъ дар дастгоҳҳои гармиивазкунӣ.
13. Мақсади ҳисоби дастгоҳҳои гармиивазкунӣ.

Тестҳо барои назорати сатҳи дониш:

1. Раванди мубодилаи гармӣ байни ду муҳит тавассути девори онҳоро ҷудокунанда чист?
 - а) гармигузаронӣ
 - б) конвексия
 - в) афканишот
 - г) гармидиҳӣ
 - д) гармигузарӣ
2. Муодилаи асосии гармигузарониро муайян намоед:
 - а) $Q = -\lambda \cdot F \cdot \partial t / \partial n$
 - б) $Q = \alpha \cdot (t_d - t_m) \cdot F$
 - в) $\text{grad} t = \partial t / \partial n \cdot n_0$
 - г) $Q = F \cdot K \cdot (t'_m - t''_m)$
 - д) $d^2 Q_n = dQ_n \cdot d\omega \cdot \cos \varphi$
3. Дар муодилаи $Q = F \cdot K \cdot (t'_m - t''_m)$ ҳарфи K чиро ифода мекунад?
 - а) зариби гармигунҷош
 - б) зариби гармигузаронӣ
 - в) зариби ҳароратгузаронӣ
 - г) зариби гармидиҳӣ
 - д) зариби гармигузариш

4. Воҳиди зариби гармигузаришро муайян намоед:

- а) Вт/К
- б) Вт/(м·К)
- в) Вт/(м²·К)
- г) Вт·м/К
- д) Вт·м²/К

5. Бузургии баръакси зариби гармигузариш чист?

- а) суръат
- б) шиддат
- в) ҷараён
- г) муқовимат
- д) села

6. Дастгоҳҳое, ки дар он як муҳит гармиро ба муҳити дигар медиҳад:

- а) дастгоҳҳои энергетикӣ
- б) дастгоҳҳои массаивазкунӣ
- в) дастгоҳҳои гармиивазкунӣ
- г) муҳаррикҳои дарунсӯз
- д) дастгоҳҳои газутурбинӣ

7. Намудҳои дастгоҳҳои гармиивазкунӣ:

- а) дастгоҳҳои реаниматсионӣ
- б) дастгоҳҳои регенеративӣ
- в) дастгоҳҳои омезишӣ
- г) дастгоҳҳои рекуперативӣ
- д) дастгоҳҳои газутурбинӣ

8. Таснифи дастгоҳҳои гармиивазкунӣ аз рӯи таъинот:

- а) гармосоз, хунуксоз, таркомсоз
- б) давриамалкунанда, доимиамалкунанда
- в) кубурӣ ва саҳфавӣ
- г) бо ҷараёни салибӣ, ҳамсамт, муқобилсамт
- д) регенеративӣ, рекуперативӣ

9. Таснифи дастгоҳҳои гармиивазкунӣ аз рӯи сатҳи мубо-
дилаи гармӣ:

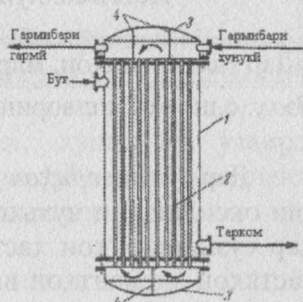
- а) гармсоз, хунуксоз, таркомсоз
- б) давриамалкунанда, доимиамалкунанда
- в) кубурӣ ва саҳфавӣ
- г) бо чараёни салибӣ, ҳамсамт, муқобилсамт
- д) регенеративӣ, рекуперативӣ

10. Таснифи дастгоҳҳои гармиивазкунӣ аз рӯи речаи
кор:

- а) гармсоз, хунуксоз, таркомсоз
- б) давриамалкунанда, доимиамалкунанда
- в) кубурӣ ва саҳфавӣ
- г) бо чараёни салибӣ, ҳамсамт, муқобилсамт
- д) регенеративӣ, рекуперативӣ

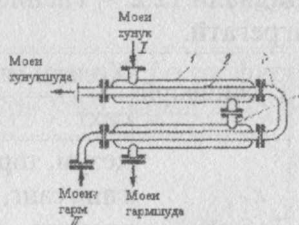
11. Дар расм чӣ хел дастгоҳ
тасвир шудааст?

- а) гармиивазкунаки «кубур дар
кубур»
- б) гармиивазкунаки зиреҳкубурӣ
- в) гармиивазкунаки саҳфавӣ
- г) гармиивазкунаки шоранда
- д) гармиивазкунаки ғӯтишӣ



12. Дар расм чӣ хел дастгоҳ
тасвир шудааст?

- а) гармиивазкунаки «кубур дар
кубур»
- б) гармиивазкунаки зиреҳкубурӣ
- в) гармиивазкунаки саҳфавӣ
- г) гармиивазкунаки шоранда
- д) гармиивазкунаки ғӯтишӣ



ҚИСМИ 3. ДАСТГОҲҲОИ ГАРМОЭНЕРГЕТИКӢ МАВЗӢИ 12. СӢЗИШВОРИИ ЭНЕРГЕТИКӢ

12.1. Таркиби сӢзишворӣ

СӢзишворӣ гуфта моддаи сӢзандаро меноманд, ки ба сифати манбаи ҳосилшавии гармӣ дар дастгоҳҳои энергетикӣ, саноатӣ ва гармидиҳӣ истифода мебаранд.

Вобаста аз намуди таомул (реаксия), ки дар натиҷаи он гармӣ аз сӢзишворӣ ҷудо мешавад, *сузишвории узвӣ ва ҳаставиро* ҷудо мекунад.

Айни замон ва аз рӯи пешгӯиҳо то соли 2030 сузишвории узвӣ дар саноат манбаи асосии энергия (гармӣ) мебошад.

Ҷадвали 12.1. – Истеъмоли сӢзишвории узвӣ дар соли 2010.

Истеъмолкунанда	Намуди сӢзишворӣ		
	сахт	моеъ	газӣ
Дар тамоми ҷаҳон, млрд.т с.ш.	3,21	4,29	2,66

Эзоҳ: с.ш. – сӢзишвории шартӣ

Дар *сӢзишвории узвӣ* гармӣ дар натиҷаи таомули химиявии оксидшавии ҷузъҳои сӢзандаи он бо иштироки оксиген, дар сузишвории ҳаставӣ бошад, дар натиҷаи ҷудошавии ҳастаҳои элементҳои вазнин (уран, плутоний ва ғ.) ҷудо мешавад.

Ҷадвали 12.2. – Таснифи сӢзишвории органикӣ дар ҳолати агрегатӣ.

СӢзишворӣ	Ҳолати агрегатӣ		
	сахт	моеъ	газӣ
Табиӣ	хезум, торф, ангиштсанг, ан-тратсит, варақсанги сӢзанда	Нафт	Гази табиӣ

Сунъӣ	ангишти чӯб, ангишти пухта, ангишти ним- пухта, хиштақҳои ангишти ва торфӣ,	Мазут, киро- син, бензин, равғани солярӣ, газойл, сӯзишвори тафдон	Газҳои нафт, ангишти пухта, генераторӣ, домени, газҳои зеризаминӣ
-------	---	---	---

Сӯзишвориҳои моеъ ва сахт аз аносири сӯзанда (карбон – С, гидроген – Н, сулфур тизфарор - $S_{\text{л}} = S_{\text{yз}} + S_{\text{к}}$) ва дар-
нагиранда (нитроген – N ва оксиген - O) ва сарборӣ (хоки-
стар – А, намӣ - W) иборат аст.

Таркиби элементарии сӯзишвориҳои моеъ ва сахт бо
фоиз ба вазни 1кг сӯзишворӣ дода мешавад. Ҳангоми ин
массаи корӣ, хушк, сӯзанда ва узвии сӯзишвориро чудо ме-
кунанд.

Массаи корӣ – ин масса ва таркиби сӯзишворӣ, ки ба
истеъмолкунанда ворид мешавад ва барои сӯзиш пешбинӣ
шудааст.

Таркиби массаи корӣ, сӯзанда, хушк ва узви-
ро мувофиқан бо индексҳои "к", "с", "х" ва "у" ишора меку-
нанд ва бо баробариҳои зерин ифода карда мешаванд:

$$C^k + H^k + S^k_{\text{л}} + N^k + O^k + A^k + W^k = 100 \% ; \quad (12.1)$$

$$C^x + H^x + S^x_{\text{л}} + N^x + O^x + A^x = 100 \% . \quad (12.2)$$

$$C^c + H^c + S^c_{\text{л}} + N^c + O^c = 100 \% ; \quad (12.3)$$

$$C^y + H^y + S^y_{\text{yз}} + N^y + O^y = 100 \% . \quad (12.4)$$

Массаи узвии сӯзишворӣ бо массаи сӯзанда бо он фарқ
мекунад, ки дар таркибаш фақат сулфур узвӣ дорад ва сул-
фур колчеданиро дар бар намегирад.

$$S^y_{\text{yз}} = S^y_{\text{л}} - S^y_{\text{к}} . \quad (12.5)$$

Зарифҳои шумориши таркиби сӯзишворӣ аз як масса ба
массаи дигар дар ҷадвали 12.3 оварда шудааст.

Ҷадвали 12.3.

Массаи до- дашудаи сӯзишворӣ	Зарибҳои шумориш ба дигар масса		
	корӣ	сӯзанда	хушк
Корӣ	1	$100/[100 - (A^K + W^K)]$	$100/(100 - W^K)$
Сӯзанда	$[100 - (A^K + W^K)]/100$	1	$(100 - A^x)/100$
Хушк	$(100 - W^K) / 100$	$100 / (100 - A^x)$	1

Ҳисоби таркиби (%) массаи кори сӯзишворӣ ҳангоми тағйирёбии намнокӣ бо чунин формулаҳо амалӣ мешавад:

$$\left. \begin{aligned} C_2^K &= C_1^K (100 - W_2^K) / (100 - W_1^K) \\ H_2^K &= H_1^K (100 - W_2^K) / (100 - W_1^K) \end{aligned} \right\}, \quad (12.6)$$

дар ин ҷо W_1^K – намнокии аввалии сӯзишворӣ, %, W_2^K – намнокии охираи сӯзишворӣ, %.

Таркиби миёнаи (%) омехтаи ду сӯзишвории саҳт ё моеъ, ки бо ҳиссаҳои массавии сӯзишвории якҷум ($C_2^K, H_2^K \dots$) ва дуюм ($C_1^K, H_1^K \dots$) дода шудааст, бо формулаҳои зерин муайян карда мешавад:

$$\left. \begin{aligned} C_{ом}^K &= b_1 C_1^K + (1 - b_1) C_2^K, \\ H_{ом}^K &= b_1 H_1^K + (1 - b_1) H_2^K, \end{aligned} \right\}, \quad (12.7)$$

дар ин ҷо ҳиссаи массавии b_1 яке аз сӯзишвории омехтаро бо формулаи зерин ёфта мешавад:

$$b_1 = B_1 / (B_1 + B_2). \quad (12.8)$$

дар ин ҷо B_1 ва B_2 – массаи сӯзишвориҳое, ки ба таркиби омехта дохил мешаванд, кг.

Сӯзишвории газӣ омехтаи газҳои сӯзанда ва носӯзро дар бар мегирад. Қисми сӯзандаи он аз карбогидратҳои ҳаднок ($\Sigma C_n H_{2n+2}$) ва беҳад ($\Sigma C_n H_{2n}$), гидроген H_2 , оксиди карбон CO ва сулфиди гидроген (H_2S) иборат аст. Ба таркиби чузъҳои носӯз нитроген (N_2), гази карбон (CO_2) ва оксиген (O_2) дохил мешаванд. Таркиби сузишвориҳои гази табиӣ ва сунӣ гуногунанд. Гази табиӣ бо миқдори зиёди метан (CH_4), ва на он қадар зиёди дигар карбогидратҳо: этан (C_2H_6), пропан (C_3H_8), бутан (C_4H_{10}), этилен (C_2H_4), ва пропилен (C_3H_6) тавсиф мешавад. Дар таркиби газҳои сунӣ қисми сӯзандааш (гидроген ва оксиди карбон) то 25-45 % мерасад, дар сарборӣ (балласт) нитроген ва гази карбон – 55-75 % афзалият доранд.

Таркиби сӯзишвории газӣ бо ҳиссаҳои ҳаҷмӣ дода шуда дар намуни умумӣ чунин навиштан мумкин аст:

$$\Sigma C_n H_{2n+2} + \Sigma C_n H_{2n} + H_2 + CO + H_2S + O_2 + N_2 + CO_2 = 100\%, \quad (12.9)$$

дар ин ҷо $\Sigma C_n H_{2n+2}$ – карбогидратҳои ҳаднок;

$\Sigma C_n H_{2n}$ – карбогидратҳои беҳад;

H_2S – сулфиди гидроген.

CO – оксиди карбон;

CO_2 – гази карбон.

12.2. Тавсифи сӯзишворӣ

Намнокӣ. Намнокии миёнаи сӯзишворӣ дар ҳолати корӣ бо %: барои торф 50, барои ангиштсанг 5-14, антрасит 5-8 ташкил медиҳад. Ангишти бӯрро вобаста аз намнокӣ ба се гурӯҳ тақсим мекунанд: гурӯҳи Б1 – намнокиаш зиёда аз 40 %; гурӯҳи Б2 – 30-40 %; гурӯҳи Б3 – аз 30 % кам.

Ҳокистари сӯзишворӣ. Ба таркиби ҳокистар асосан намакҳои фулӯзҳои ишқорӣ ва ишқорзаминӣ, оксидҳои оҳан, алюминий дохил мешаванд. Бақияҳои минералӣ, ки баъди сӯзиш ҳосил мешаванд, ё намуни пошхӯранда (ҳокистар) ё пораҳои гудохташударо (дажгол) доранд. Ҳангоми хароратҳои

баланд хокистар мулоим шуда баъдан гудохта мешавад. Хокистари мулоимшуда ва дажғол (шлак) ба девори хиштбасти оташдон мечаспанд, буриши газравҳоро хурд карда дар сатҳи гармкунӣ мемонанд, ки ба афзоиши муқовимати гармивӣ дар раванди гармигузарӣ аз газҳо ба муҳити гармшаванда меорад, сӯрохиҳои гузариши ҳаворо дар панҷараи хӯшавӣ пур мекунанд, зарраҳои сӯзишвориро ихота намуда сӯзиши онҳоро душвор мекунанд.

Намудҳои гуногуни сӯзишворӣ миқдори гуногуни хокистар доранд. Масалан, бо %: ҳезум – 1; торф – 10; ангишти оҳангарӣ – 10-20; ангишти бўр – 30. Сӯзишвории моеъ (мазут) 0,2-1 % иловагӣҳои минералӣ дорад.

Гармии сӯзиш. Яке аз нишондиҳандаҳои асосии ҳамаи сӯзишворӣҳои гармии сӯзиш мебошад, яъне миқдори гармие, ки ҳангоми пурра сӯхтани воҳиди масса ё ҳаҷми сӯзишворӣ дастрас мешавад. Сӯхтани пурра гуфта онро меноманд, ки чӯзҳои сӯзандаи сӯзишворӣ C, H ва S пурра бо оксиген оксид мешаванд. Гармии сӯзиши сӯзишвории саҳт ва моеъро ба 1 кг, газиро ба 1 м³ ҳангоми шароити муқаррарӣ меоранд.

Гармии сӯзиши *наст* ва *баландро* фарқ мекунанд. Ба гармии сӯзиши баланд миқдори гармие, ки ҳангоми таркоми бӯғҳои оби дар маҳсулоти сӯзиши сӯзишворӣ буда ҷудо шуда метавонад, дохил мешавад.

Ҳангоми маълум будани таркиби оддии сӯзишвории саҳт ва моеъ гармии сӯзиши онҳоро (кҶ/кг) бо формулаҳои таҷрибавии (эмперикии) аз тарафи Д.И.Менделеев пешниҳодшуда муайян мекунанд:

$$Q_{\text{п}}^{\text{к}} = 340C^{\text{к}} + 1035H^{\text{к}} - 109(O^{\text{к}} - S_{\text{л}}^{\text{к}}) - 25W^{\text{к}}. \quad (12.10)$$

$$Q_{\text{б}}^{\text{к}} = 340C^{\text{к}} + 1260H^{\text{к}} - 109(O^{\text{к}} - S_{\text{л}}^{\text{к}}); \quad (12.11)$$

Гармии сӯзиши гази хушк (кҶ/м³) бо таркиби ҳаҷмӣ, %, ва гармии сӯзиши маълуми чӯзҳои муайян карда мешавад:

$$Q_{\text{п}}^{\text{к}} = 358CH_4 + 640C_2H_6 + 915C_3H_8 + 1190C_4H_{10} + 1465 C_5H_{12} + 126,5 CO + 107,5H_2 + 234H_2S; \quad (12.12)$$

$$Q^k_6 = 398\text{CH}_4 + 700\text{C}_2\text{H}_6 + 995\text{C}_3\text{H}_8 + 1285\text{C}_4\text{H}_{10} + \\ + 1575\text{C}_5\text{H}_{12} + 126,5\text{CO} + 127,5\text{H}_2 + 257\text{H}_2\text{S}; \quad (12.13)$$

Агар дар таркиби газ чузъҳои карбогидрати номаълум бошанд (бо шарт, ки миқдори метан маълум), пас суммаи карбогидратхоро шартан ҳамчун этан C_2H_4 қабул карда, гармии сӯзиш монанди формулаҳои (12.12) ва (12.13) ҳисоб карда мешавад.

Барои муқоисаи намудҳои гуногуни сӯзишворӣ бо самараи гармии онҳо мафҳуми *сӯзишвории шартӣ* қабул шудааст, ки гармии сӯзиши он ба 29300 кҶ/кг баробар аст.

Таносуби $Q^k_{\text{ш}}$ сӯзишвории додашуда ба $Q_{\text{с.ш.}}$ сӯзишвории шартӣ *муъодили сӯзишворӣ* – Э номида мешавад. Он гоҳ барои ҳисоб намудани сарфи сӯзишвории натуралӣ V_n ба шартӣ $V_{\text{с.ш.}}$, бузургии V_n –ро ба муъодил Э зарб кардан кифоя аст, яъне:

$$V_{\text{с.ш.}} = V_n \cdot \text{Э} = V_n \cdot (Q^k_{\text{ш}} / Q_{\text{с.ш.}}) \quad (12.14)$$

12.3. Сӯзишвории моторӣ барои муҳаррикҳои дарунсӯзи сумбавӣ

Сӯзишвории асосии моторӣ *бензинҳо* ва сӯзишвории *дизелӣ* мебошанд, ки дар натиҷаи коркарди нафт ҳосил мешаванд. Ба ғайр аз ин инчунин *газҳои фишурдашуда ва моеъгардонида*; *сӯзишвории синтетикӣ*, ки дар натиҷаи коркарди ангишт, варақасанг, регҳои битумдор ҳосил мешаванд; *спиртҳо*; *эфирҳо* мавриди истифода қарор доранд.

Бензинҳои автомобилӣ омехтаҳои карбогидратҳоанд, ки дар фосилаи ҳароратҳои 35...205⁰С меҷӯшанд ва чунин навъҳоро истеҳсол мекунанд: мувофиқи ГОСТ 2084-77 А-76, АИ-93 (А-92), АИ-95, инчунин безтил АИ-91; бензинҳои содиротӣ (экспортӣ) А-80, А-92, А-96, бо ҳосиятҳои экологии беҳтаршуда – НОРСИ АИ-80, НОРСИ АИ-92, НОРСИ АИ-95. Рақамҳо дар нави бензин адади октанро нишон медиҳад, ки *товариҳои таркибии* бензинро тавсиф мекунад.

Сӯзишвориҳои дизелӣ асосан аз ҷузъҳои обтозагии тақтири рости нафт истеҳсол мекунад. Дар ФР се навъи сӯзишвориҳои дизелӣ истеҳсол карда мешавад:

"л" (тобистона) – барои истифодабарӣ дар ҳарорати 0°C ва баланд аз он;

"з" (зимистона) - барои истифодабарӣ дар ҳарорати -20°C ва баланд аз он;

"а" (арктикӣ) - барои истифодабарӣ дар ҳарорати -50°C ва баланд аз он.

Сӯзишвориҳои карбогидратиҳои газӣ ҳангоми шароити муқаррарӣ ба фишурдашуда (СПГ) ва моеъгардонида (СНГ) тақсим мешаванд. Ба сифати гази фишурдашуда гази табииро (95 % метан CH_4) истифода мебаранд. Газҳои моеъгардонида маҳсулоти коркарди газҳои ҳамроҳӣ ва қонҳои газутаркомӣ буда асосан аз омехтаҳои бутанпропанӣ ва бутиленпропиленӣ иборатанд, ки дар шароити муқаррарӣ дар ҳолати моеъ мебошанд.

Бартариҳои асосии сӯзишвориҳои газӣ ин тозагӣ, қордароии осонтар дар ҳавои хунук, сифати экологии баланд мебошанд.

Масъалаҳои барои тақмилдиҳӣ:

1. Таркиби массаи қориҳои ангишти Шӯроб ёфта шаванд, агар таркиби массаи сӯзандаи он $\text{C}^c = 71,1\%$; $\text{H}^c = 5,3\%$; $\text{S}_\text{л}^c = 1,9\%$; $\text{N}^c = 1,7\%$; $\text{O}^c = 20,0\%$; ҳокистарнокии массаи хушк $\text{A}^x = 36\%$ ва намнокии қорӣ $\text{W}^c = 18,0\%$ бошад.
2. Гармии сӯзиши паст ва баланди массаи қориҳои ангиштро муайян кунед. Таркиби ангишт аз $\text{C}^k = 37,3\%$; $\text{H}^k = 2,8\%$; $\text{S}_\text{л}^k = 1,0\%$; $\text{N}^k = 0,9\%$; $\text{O}^k = 10,5\%$; $\text{A}^k = 29,5\%$ ва $\text{W}^k = 18,0\%$ иборат аст.
3. Ҳаҷми ҳавои барои сӯхтани 800 кг/соат ангишт лозимаро муайян кунед, агар дар таркиби он $\text{C}^k = 45,0\%$; $\text{H}^k = 2,6\%$; $\text{S}_\text{л}^k = 1,7\%$; $\text{N}^k = 0,4\%$; $\text{O}^k = 9,9\%$; $\text{A}^k = 11,4\%$; $\text{W}^k = 29,0\%$ ва зарии изовагии ҳаво дар оташдон $\alpha_\text{т} = 1,4$ бошад.

Саволҳои санҷишӣ:

1. Намудҳои сӯзишворӣ.
2. Сӯзишвории узвӣ ва таснифи он.
3. Таркиби сӯзишвории сахт ва моеъ.
4. Таркиби сӯзишвории газӣ.
5. Тавсифи массаи кории сӯзишворӣ.
6. Тавсифи массаи хушкӣ сӯзишворӣ.
7. Тавсифи массаи сӯзандаи сӯзишворӣ.
8. Тавсифи массаи узвӣ сӯзишворӣ.
9. Намнокии сӯзишворӣ.
10. Гармии сӯзиши сӯзишворӣ.
11. Хокистари сӯзишворӣ.
12. Сӯзишвории моторӣ барои муҳаррикҳои дарунсӯз.

Тестҳо барои назорати сатҳи дониш:

1. Ба сӯзишвории ҳаставӣ дохил мешавад:

- а) торф
- б) ангиштсанг
- в) уран
- г) гази табиӣ
- д) нафт

2. Ба сӯзишвории узвӣ дохил мешаванд:

- а) торф, гази табиӣ, нафт
- б) ангиштсанг, плутоний, гази табиӣ
- в) уран, торф, нафт
- г) гази табиӣ, плутоний, ангиштсанг
- д) нафт, уран, ангиштсанг

3. Ба унсурҳои сӯзандаи сӯзишворӣ мансубанд:

- а) нитроген, гидроген, оксиген
- б) оксиген, карбон, сулфур
- в) гидроген, нитроген, сулфур
- г) карбон, оксиген, нитроген

д) сулфур, карбон, гидроген

4. Намнокии миёнаи ангиштсанг чанд фоизро ташкил медиҳад?

а) 3-7

б) 5-14

в) 10-24

г) 15-32

д) 23-40

5. Нишондиҳандаи асосии сӯзишворихо чист?

а) намнокӣ

б) гармии сӯзиш

в) хокистарнокӣ

г) ҳарорати сӯзиш

д) ҳарорати гудозиш

6. Микдори гармие, ки ҳангоми пурра сӯختани воҳиди масса ё ҳаҷми сӯзишворӣ дастрас мешавад, чӣ ном дорад?

а) гармигунҷоиш

б) гармии сӯзиш

в) гармигузаронӣ

г) ҳарорати сӯзиш

д) ҳарорати гудозиш

7. Таркиби массаи кории сӯзишвориро бо кадом формула муайян мекунанд?

а) $C^k + H^k + S^k_{\text{д}} + N^k + O^k + A^k + W^k = 100 \%$;

б) $C^x + H^x + S^x_{\text{д}} + N^x + O^x + A^x = 100 \%$;

в) $C^c + H^c + S^c_{\text{д}} + N^c + O^c = 100 \%$;

г) $C^y + H^y + S^y_{\text{уз}} + N^y + O^y = 100 \%$;

д) $C^k + H^k + S^k_{\text{д}} + N^k + O^k = 100 \%$.

8. Таркиби массаи хушки сӯзишвориро бо кадом формула муайян мекунанд?

а) $C^k + H^k + S^k_{\text{д}} + N^k + O^k + A^k + W^k = 100 \%$;

б) $C^x + H^x + S^x_{\text{д}} + N^x + O^x + A^x = 100 \%$;

- в) $C^c + H^c + S^c_{\text{л}} + N^c + O^c = 100 \%$;
- г) $C^y + H^y + S^y_{\text{уз}} + N^y + O^y = 100 \%$;
- д) $C^x + H^x + S^x_{\text{л}} + N^x + O^x = 100 \%$.

9. Таркиби массаи узвии сӯзишвориро бо кадом формула муайян мекунанд?

- а) $C^k + H^k + S^k_{\text{л}} + N^k + O^k + A^k + W^k = 100 \%$;
- б) $C^x + H^x + S^x_{\text{л}} + N^x + O^x + A^x = 100 \%$;
- в) $C^c + H^c + S^c_{\text{л}} + N^c + O^c = 100 \%$;
- г) $C^y + H^y + S^y_{\text{уз}} + N^y + O^y = 100 \%$;
- д) $C^y + H^y + S^y_{\text{уз}} + N^y + O^y + A^y + W^y = 100 \%$.

10. Таркиби массаи сӯзандаи сӯзишвориро бо кадом формула муайян мекунанд?

- а) $C^k + H^k + S^k_{\text{л}} + N^k + O^k + A^k + W^k = 100 \%$;
- б) $C^x + H^x + S^x_{\text{л}} + N^x + O^x + A^x = 100 \%$;
- в) $C^c + H^c + S^c_{\text{л}} + N^c + O^c = 100 \%$;
- г) $C^y + H^y + S^y_{\text{уз}} + N^y + O^y = 100 \%$;
- д) $C^c + H^c + S^c_{\text{уз}} + N^c + O^c + A^c + W^c = 100 \%$.

11. Кадом намуди сӯзишворӣ дар таркибаш миқдори камтарини хокистарро дорад?

- а) ҳезум;
- б) торф;
- в) ангиштсанг;
- г) ангишти бўр;
- д) ангишти кокс.

12. Қисми асосии таркиби гази табииро чӣ ташкил медиҳад?

- а) метан;
- б) этан;
- в) пропан;
- г) бутан;
- д) гексан.

МАВЗӢИ 13. ДЕГӢОИ САНОАТӢ

13.1. Деги саноатӢ ва чузьӢои он

Чи тавре ки қайд шуда буд, дастгоҳҳое, ки дар онҳо бево-ситита буг ҳосил мешавад ва об гарм мешавад, *дегҳои бугӣ ё обгармкунанда* меноманд.

Дар дегхонаҳои истехсолӣ ва энергетикӣ аз рӯи фишори буги ҳосилшуда дегҳо ба чунин намудҳо чудо мешаванд: *фишори паст* (0,8-1,6 МПа), *миёна* (2,4-4 МПа), *баланд* (10-14 МПа) ва *фавқулбаланд* (25-31 МПа). Дегҳои бугӣ вобаста аз параметрҳои буги ҳосилшаванда (Р ва Т) ва тавоноӣ стандартӣ кунонида шудаанд.

Дегҳо бо иқтидори 0,01-5,5 кг/с ба дегҳои *тавоноияш хурд*, бо иқтидори то 30 кг/с ба дегҳои *тавоноияш миёна*, ва зиёда аз 30 кг/с (то 500-1000 кг/с) ба дегҳои *тавоноияш калон* мансубанд.

Дегҳои обгармкунанда аз ҷиҳати гармиистехсолкунӣ ба ҳашт намуд чудо мешаванд: 4, 6,5, 10, 20, 30, 50, 100 ва 180 Гкал/соат. Дегҳои гармиистехсолкуниашон камтар аз 30 Гкал/соат барои кор танҳо дар як реча таъин карда шудаанд. Дегҳои гармиистехсолкуниашон 30 Гкал/ч ва зиёда аз он имко-нияти кор карданро ҷӣ дар речаи асосӣ, ва ҷӣ дар речаи серкорӣ, яъне дар вақти гармиистеъмолкунии максималӣ ҳангоми ҳароратҳои хурди ҳавои берунӣ дорад.

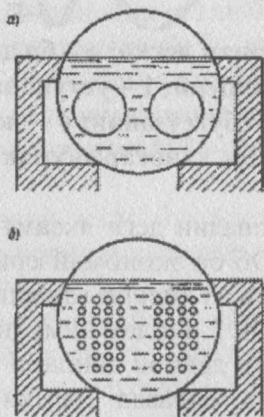
Барои дегҳои гармиистехсолиаш то 30 Гкал/соат ҳарорати об дар вақти баромад 432 К ва фишори об дар вақти даромадан ба дег 1,6 МПа қабул карда мешавад. Барои дегҳои гармиистехсолкуниаш 30 Гкал/соат ва зиёда аз он ҳарорати максималии об дар вақти баромад 450-470 К ва фишори об дар вақти даромад 2,5 МПа қабул карда мешавад.

Аз рӯи сохт *дегҳои бугиро* ба ду намуд чудо кардан мум-кин аст – газкубурӣ ва обкубурӣ. Дар дегҳои газкубурӣ сатҳҳои асосии гармкунӣ дар дохили зарфи устувонавии кутраш калон дар шакли кубурҳои сӯзӣ ё дудӣ ва ё комбинатсияҳои гуно-гуни онҳо, ки дар он маҳсулоти сӯзиши сӯзишворӣ ҳаракат

мекунанд, ҷойгир шудаанд. Дар расми 13.1 нақшаҳои деғҳо бо қубурҳои сӯзӣ ва дудӣ нишон дода шудааст.

Деғҳои буғии обқубурӣ беҳтар мебошанд. Онҳо сатҳи гармкунии мутараққӣ доранд, ки он аз қубурҳои дарунаш бо об ва омехтаи обу буғ пуршуда ва аз берун бо маҳсулоти сӯзиш гарм мешавад, иборат аст. Деғҳо обқубурии уфуқӣ мебошанд, агар қубурҳо ба хати уфуқ таҳти кунҷи аз 25^0 камтар ҷойгир шуда бошад ва обқубурии амудӣ, агар қубурҳо таҳти кунҷи калонтар ё амудӣ бошанд. Дар ин деғҳо бо тағйирдиҳии адади қубурҳо дар бандҷаҳо ва шумораи худӣ бандҷаҳо қутри устуворонаи онҳоро калон накарда масоҳати калони сатҳи гармкунӣ мурасар шуд, ки ин дар навбати худ имконияти ба даст овардани буғи фишораш баландро дод.

Ҳангоми кори деғи буғӣ хунуккунии эътимодноки сатҳи гармиро, ки дар онҳо буғ ҳосил мешавад, таъмин намудан муҳим аст. Барои ин бояд бо тарзи мувофиқ ҳаракати об ва омехтаи буғу обро дар сатҳҳои гармкунии буғшавӣ ба роҳ монд.

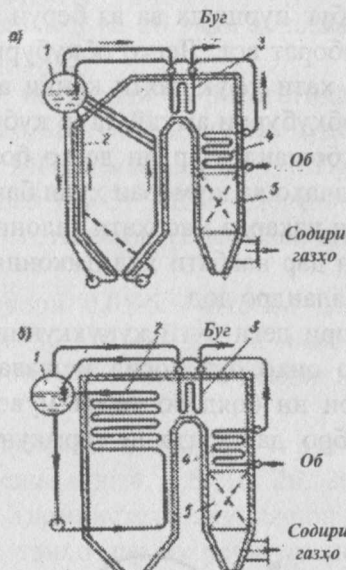


Расми 13.1. – Нақшаи деғҳо:

а – бо қубурҳои сӯзӣ; б – бо қубурҳои дудӣ

Аз рӯи тавсифи ташкили ҳаракати ҷисми корӣ дар сатҳи буғшавӣ деғҳо ба се намуд ҷудо мешаванд:

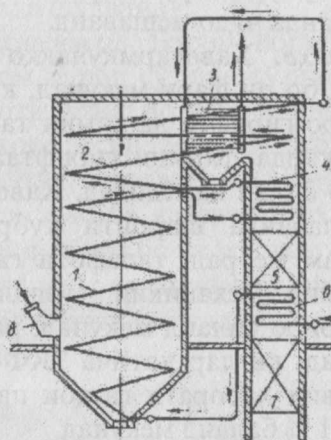
1. бо давргардии табиӣ (расми 13.2, а)
2. бо давргардии маҷбурӣ (расми 13.2, б)
3. яксамта.



Расми 13.2. – Нақшаи деғҳо: а – бо давргардии табиӣ; б – бо давргардии маҷбурӣ; 1 – устувона; 2 – сатҳҳои бухоркунанда; 3 – буғсӯзонак; 4 – экономайзер; 5 – ҳавогармкунак

Нақшаи принципиалии деги яксамта дар расми 13.3 нишон дода шудааст. Об ба экономайзери конвективи 6 дода мешавад, дар ин ҷо он аз ҳисоби гармии газҳо гарм мешавад ва ба қубурҳои навори 2, ки дар намуди морпечҳои параллелан пайвастишуда дар девори чанбари оташдон ҷойгирбуда сохта шудаанд, ворид мешавад. Дар қисми поёнии морпечҳо об то ҳарорати сершавӣ гарм мешавад. Буғҳосилшавӣ то дараҷаи хушкӣ 70-75 % дар морпечҳои дар байн ҷойгиршуда ба амал меояд. Сипас омехтаи буғу об ба минтақаи конвективи гузариши 4 меояд, ки дар ин ҷо буғшавии пурраи об ва қисман гармшавии буғ амалӣ мешавад. Аз минтақаи гузаришӣ

буғ ба сӯзонаки радиатсионии 2 равона шуда, сипас то ҳарорати додашуда дар сӯзонаки конвективии 3 расонида мешавад ва ба турбина дохил мешавад. Дар чоҳи поёнраванда зинаҳои якҷум (дар рафти газ) ва дуҷуми 5 ва 7 ҳавогармкунак ҷойгир шудаанд.



Расми 13.3. – Нақшаи принципалии деги яксамта:

- 1 – қисми поёнии радиатсионии сатҳи бухоршавандаи гармоиш; 2 – сӯзонаки радиатсионӣ; 3 – қисми конвективии буғсӯзонак; 4 – сатҳи гармоиши минтақаи гузариш; 5, 7 – зинаҳои якҷум ва дуҷуми ҳавогармкунак; 6 – экономайзери конвективӣ; 8 – сӯзишгоҳ**

Ба чузъҳои асосии деги буғсӯзонакҳо, экономайзерҳо ва ҳавогармкунакҳо дохил мешаванд.

Буғсӯзонак ин сатҳи морпечи мубодилаи гармӣ мебошад, ки барои сӯзонидани буғи дар қисми буғшавии деги ҳосилшуда пешбинӣ шудааст. Буғ дар дохили кубурҳои аз берун бо газҳои дудӣ шусташаванда ҳаракат мекунад. Буғсӯзонак чузъи ҷудонашавандаи деги энергетикӣ мебошад. Агар барои баъзе равандҳои технологӣ буғи сӯхта лозим бошад, пас деги тавоноияшон хурд ва миёнаро низ бо буғсӯзонакҳо таъмин мекунад.

Экономайзерҳои обӣ барои гарм кардани об пеш аз ҷурӯд ба қисми бугкунии дег пешбинӣ шудаанд. Гармкунии пешакии об аз ҳисоби гармии газҳои дудӣ ЗКФ-и деғро зиёд мекунад. Вобаста аз масолеҳи истифодашаванда экономайзерҳо ба ҷӯяни ва пӯлодӣ, аз рӯи намуди сатҳ – ба тегадор ва ҳамворқубур, аз рӯи дараҷаи гармкунии об – ба ҷӯшанда ва наҷӯшанда ҷудо мешаванд.

Ҳавогармкунакҳо. Ҳавогармкунакҳо аз экономайзери обӣ ва бугсӯзонак бо он фарқ мекунад, ки аз газҳои дудии партовӣ гармиашро гирифта ва ҳамин тавр талафоти онро бо ин газҳо кам карда, гармии гирифтаашро бевосита ба қисми корӣ (ба об ё буг) намедихад. Ҳавои гарми ба оташдони дег равоншаванда шароити хубро барои сӯзиши сӯзишворӣ фароҳам меорад, талафоти гармиро аз сӯзиши нопурраи химиявию механикии сӯзишворӣ кам карда, ҳарорати сӯзиши онро баланд мекунад, раванди мубодилаи гармиро метезонад, ки дар натиҷа ЗКФ-и дастгоҳ баланд мешавад. Пастшавии ҳарорати газҳои партовӣ ба 20-25 К ЗКФ-ро тақрибан 1 % баланд мекунад.

13.2. Таҷҳизоти ёридиҳандаи дегҳои саноатӣ

Дастгоҳҳои ҷудокунанда. Буги сери нам, ки дар устуво-наи дегҳои фишорашон паст ва миёна ҳосил мешавад, метавонад бо худ қатраҳои обро, ки дар таркибаш намаки ҳалшуда дорад, барад. Дар дегҳои фишорашон баланд ва аз ҳад баланд ифлосшавии бугҳо бо бурдани иловагии намакҳои кислотаи силиций ва пайвастаҳои натрий, ки онҳо дар буг ҳал мешаванд, низ дар назар дошта мешавад.

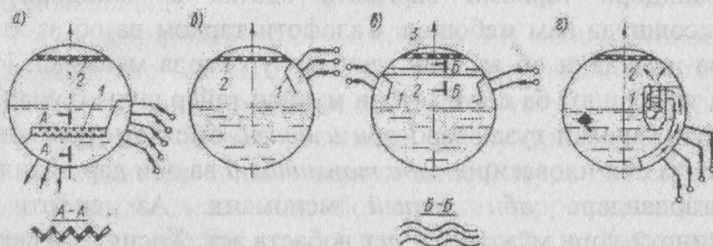
Ғашиҳои бо ҳамроҳии буг бурдашаванда дар бугсӯзонак таҳшин мешаванд, ки ин хеле номатлуб мебошад, чунки ин метавонад ба сӯхтани қубурҳои бугсӯзонак оварда расонад. Барои ҳамин буг пеш аз устувонаҳои дег баромадан таҳти ҷудоиш қарор дорад, ки ҳангоми ин қатраҳои об ҷудо шуда дар устувона мемонад. Ҷудоиши буг дар дастгоҳҳои махсуси ҷудокунанда ба амал меояд, ки дар он шароит барои ҷудоиши табиӣ ё механикии об ва буг фароҳам оварда мешавад.

Чудоиши табиӣ дар натиҷаи фарқи зиёди зичии об ва буг амалӣ мешавад. Принципи *чудоиши инерсионии механикӣ* дар фарқияти хосиятҳои инерсионии қатраҳои об ва буг ҳангоми якбора афзоиши суръат ва ҳамонзамон тағйироти самт ё тобхӯрии селай буги нам асос ёфтааст.

Дар расми 13.4 нақшаҳои принципалии дастгоҳҳои чудоишӣ нишон дода шудаанд.

Дастгоҳҳои ҳаводихӣ. Барои кори мӯътадили дегҳо ҳаводихии мунтазам барои сӯзиши сӯзишворӣ ва дуркунии мунтазами маҳсулоти сӯзиш лозим мебошад.

Дар дастгоҳҳои дегии муосир тарҳ бо вакуум дар ҳавороҳҳо васеъ паҳн шудааст. Камбудии ин тарҳро мавҷудияти кашиши ҳаво ба ҳавороҳҳо аз минтақаҳои нозич дар деворҳо ва кори дудбаро бо газҳои ҷанг ҳисобидан мумкин аст. Бартарии ин тарҳ ин аз дудҳо тоза будани дегҳона мебошад, чунки ҳаво ба дег бо боддеҳ (вентилятор) дода мешавад ва дуд бо дудбаро мебарояд.



Расми 13.4. – Нақшаи дастгоҳҳои чудоиш: а – панҷараи ғӯтиш: 1 – панҷара, 2 – панҷараи бугқабулкунак; б – панҷараҳои задагардон ва тақсимотӣ: 1 – панҷараи задагардон, 2 – панҷараи бугқабулкунак; в – таҷзияки ҷиғпардавӣ: 1 – панҷараи задагардон, 2 – таҷзияки ҷиғпардавӣ, 3 – панҷараи бугқабулкунак; г – таҷзияки гардонӣ: 1 – гардон, 2 – панҷараи бугқабулкунак

Барои ҳосил намудани қувваи кашиш баландии қубур ё ҳарорати газҳои равандаро зиёд кардан мебоист. Вале ҳангоми истифодаи яке аз ин усулҳо бояд дар назар дошт, ки баландии қубур бо арзиш ва мустаҳкамӣ, ҳарорати газҳо бо қимати му-

соиди ЗКФ дег махдуд аст. Бинобар ин аксарияти дегҳои муосир бо кашиши сунъӣ мечиҳозонанд, ки барои ҳосилкунии он дудкашро истифода мебаранд, ки муковимати роҳи газро бар-тараф мекунад. Дар ин ҳолат баландии кубур мувофиқи талаботи санитарӣ-техникӣ интиҳоб мекунад.

Фишори ҳавои бо вентилятор ҳосилкунандаро низ дар асоси ҳисоби аэродинамикии роҳи ҳаво (ҳавороҳ, ҳавогармкунак, дастгоҳи сӯзонанда ва ғ.) муайян бояд кард. Фишори максималии вентилятор бояд аз талафоти фишор дар роҳи ҳавои дег 10 % ($\beta_2 = 1,1$) зиёд бошад.

Асосҳои обтайёркунии. Яке аз масъалаҳои асосии истифодабарии бехатари дегҳо ташкили речаи оқилонаи обӣ мебошад, ки ҳангоми он дар деворҳои сатҳи бухоршавӣ қарахш ҳосил нашавад, онҳо занг назананд ва сифати баланди буғи истеҳсолшаванда таъмин шавад. Буғи дар дег истеҳсолшуда аз истеъмолкунанда дар ҳолати таркомшуда бармегардад; ҳангоми ин миқдори таркоми баргашта одатан аз миқдори буғи истеҳсолшуда кам мебошад. Талафоти тарком ва об аз ҳисоби илова намудани об аз ягон манбаъ пур карда мешавад. Ин об бояд то воридот ба дег бо тарзи муайян тайёр шуда бошад. Оби тайёрии пешакӣ гузаштара *оби иловагӣ*, омехтаи таркоми баргашта ва оби иловагиро - *оби таъминотӣ* ва оби дар дохили дег давргардандаро *оби дохилӣ* меноманд. Аз сифати оби таъминотӣ кори мӯътадили дег вобаста аст. Хосиятҳои физикӣ-химиявии об бо чунин нишондиҳандаҳо тавсиф мешаванд: шаффофӣ, миқдори моддаҳои муаллақ дар таркибаш, бақияи хушк, миқдори намак, оксидшавӣ, сахтӣ, ишқорӣ, дороияти газҳои ҳалшуда (CO_2 ва O_2).

Шаффофӣ бо мавҷудияти ғашҳои механикӣ ва коллоидӣ тавсиф мешавад, миқдори моддаҳои муаллақ дараҷаи ифлосии обро бо ғашҳои сахти ҳалнашуда муайян мекунад.

Сӯзишворидиҳӣ. Барои кори мӯътадил ва мунтазами дегҳо лозим аст, ки сӯзишворӣ ба онҳо беист дода шавад. Раванди додани сӯзишворӣ аз ду марҳилаи асосӣ иборат аст: 1) овардани сӯзишворӣ аз ҷои истихроҷ ба анборҳои корхона; 2) овардани сӯзишворӣ аз анборҳо бевосита ба дегхона.

Тозакунии дуд ва дуркунии хокистар ва дажғол. Ҳангоми сӯзиши сӯзишвории сахт хокистари бисёр ҳосил мешавад. Ҳангоми раванди сӯзиши қабатӣ қисми асосии омехтаҳои минералии сӯзишворӣ (60-70 %) ба дажғол табдил меёбанд ва аз панҷараи хӯшагӣ мерезанд. Дар оташдонҳои хокаангиштӣ қисми аксари хокистар (75-85 %) аз дег бо дуд меравад.

Дар замони ҳозира намудҳои зерини хокистаргардонро истифода мебаранд: 1) механикии ақсуламал; 2) марбут; 3) полорҳои барқӣ; 4) ҳамчоя.

Хокистрагардонҳои ақсуламал (механикӣ) дар асоси ҷудоии зарраҳои хокистар аз селҳои газӣ зерини таъсири қувваҳои ақсуламал кор мекунанд.

Хокистаргардонҳои марбут васеъ паҳн шудаанд. Дар хокистаргардони марбут (скруббер) гази ҷангдор тангенсӣ ба дастгоҳ ворид шуда, бо об дар дохили кубур омехта мешавад. Об зарраҳои муаллақро ҳамроҳи худ мебарад ва газ тоза мешавад.

Тарзи кори *полорҳои барқӣ* дар он асос ёфтааст, ки газҳои ҷангдор аз майдони барқӣ, ки байни устувонаи пӯлодӣ (қутби мусбӣ) ва сими аз тирини ин устувона гузаранда (қутби манфӣ) ҳосил мешавад, мегузарад. Аксарияти зарраҳои хокистар соҳиби заряди манфӣ шуда ба девори устувона кашида мешаванд, боқимонда зарраҳои хокистар соҳиби заряди мусбӣ шуда ба сим мечаспад. Ҳангоми тақондани даврии полори барқӣ электродҳо аз хокистар тоза мешаванд. Полорҳои барқӣ дар дегҳо бо сарфи газҳои дудӣ зиёда аз $70000 \text{ м}^3/\text{соат}$ истифода мебаранд.

Хокистаргардонҳои ҳамчоя дузина мебошанд ва кори ҳар як зина дар принципҳои гуногун асос ёфтааст. Асосан чунин хокистаргардон аз сиклон (зинаи аввал) ва полори барқӣ (зинаи дуюм) иборат мебошад.

13.3. Мувозини гармии дегҳо

Мувозини гармии дег баробарии байни миқдори гармии ба дастгоҳ воридшаванда ва сарфаи онро ҷорӣ мекунад. Дар асоси

мувозии гармӣ сарфаи сӯзишвориро муайян намуда зариби кори фоиданок – самаранокии кори дегро ҳисоб мекунад.

Дар дег энергияи химиявӣ сӯзишворӣ дар раванди сӯзиш ба гармии физикии маҳсулоти сӯзиш табдил меёбад. Ин гармӣ барои истеҳсол ва сӯзонидани буг ё гарм кардани об сарф мешавад. Дар натиҷаи талафот ҳангоми гузариши гармӣ ва табaddулотӣ энергия маҳсулоти истеҳсолшаванда (буг, об ва ғ.) гармиро фақат қисман қабул мекунад. Қисми дигарашро талафоти гуногун ташкил медиҳанд, ки онҳо аз самаранокии ташкили равандҳои табaddули энергия (сӯзиши сӯзишворӣ) ва гузариши гармӣ ба маҳсулоти истеҳсолшаванда вобаста мебошад.

Муодилаи мувозии гармиро барои ҳолати гармии муқараршудаи дастгоҳ дар намуди зерин навишта мешавад:

$$Q_{\text{н}}^{\text{x}} = Q_1 + Q_{\text{т}}$$

ё

$$Q_{\text{н}}^{\text{x}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 \quad (13.1)$$

дар ин ҷо $Q_{\text{н}}^{\text{x}}$ – гармии дар ихтиёрбуда; Q_1 – гармии истифодашуда; $Q_{\text{т}}$ – талафоти умумӣ; Q_2 – талафоти гармӣ бо газҳои раванда; Q_3 – талафоти гармӣ аз сӯзиши нопурраи химиявӣ; Q_4 – талафоти гармӣ аз сӯзиши нопурраи механикӣ; Q_5 – талафоти гармӣ ба муҳити атроф; Q_6 – талафоти гармӣ бо гармии физикии даҷғолҳо.

Қисми чапи воридшавандаи муодилаи мувозии гармӣ (13.1) суммаи бузургҳои зерин мебошад:

$$Q_{\text{н}}^{\text{x}} = Q_{\text{н}}^{\text{x}} + Q_{\text{х.вор}} + Q_{\text{буг}} + Q_{\text{ғ.физ.}} \quad (13.2)$$

дар ин ҷо $Q_{\text{в.вн}}$ – гармии ба дег бо ҳаво барои 1 кг сӯзишворӣ дохилшаванда; ин гармӣ ҳамон вақт ба назар гирифта мешавад, ки агар ҳаво берун аз дег гарм карда шавад (масалан, дар калориферҳои бугӣ ё барқӣ, ки пеш аз ҳавогармкунак насб шудааст); агар ҳаво фақат дар ҳавогармкунак гарм карда шавад, пас ин гармӣ ба инобат гирифта намешавад, чунки он ба оташдон бармегардад; $Q_{\text{буг}}$ – гармии бо буғи пошанда барои 1

кг сӯзишворӣ ба оташдон воридшаванда; $Q_{г.физ.}$ – гармии физикии 1 кг ё 1 м^3 сӯзишворӣ.

Гармии бо ҳаво овардашударо бо баробарии зерин ҳисоб мекунамд:

$$Q_{х.вор} = \beta' V^0 c_p' (T_{х.г} - T_{х.с}), \quad (13.3)$$

дар ин ҷо β' – таносуби миқдори ҳаво дар воридот ба ҳавогармкунак ба миқдори лозимии назариявӣ; $c_p' = 1,33 \text{ кҶ}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$, ҳангоми ҳарорати ҳаво то 600 К; $T_{х.г}$, $T_{х.с}$ – ҳароратҳои ҳавои гарм ва сард, одатан $T_{х.с} = 300 \text{ К}$.

Гармии бо буг барои пошидани мазут (буги пошдиҳанда) овардашуда бо формулаи зерин муайян мекунамд:

$$Q_{буг} = W_{п} (i_{п} - r), \quad (13.4)$$

дар ин ҷо $W_{п}$ – сарфи буги пошдиҳанда, ки ба 0,3-0,4 кг/кг баробар аст; $i_{п}$ – энталпияи буги пошдиҳанда, кҶ/кг; r – гармии бугҳосилшавӣ, кҶ/кг.

Гармии физикии 1кг сузишворӣ:

$$Q_{г.физ.} = c_c (T_c - 273), \quad (13.5)$$

дар ин ҷо c_c – гармигунҷоиши сӯзишворӣ, кҶ/(кг · К); T_c – ҳарорати сӯзишворӣ.

Агар ҳаво ва сӯзишворӣ пешакӣ гарм карда нашавад ва буг барои пошидани сӯзишворӣ истифода нашавад, пас $Q_{х.н} = Q_{х.н.}$

Масъалаҳо барои такмилдиҳӣ:

1. Гармии дар деги обгармкунада ғоиданок истифодабурдари муайян кунед, агар сарфи сӯзишворӣ $B = 1,2 \text{ кг/с}$, сарфи об $M_{в} = 70 \text{ кг/с}$, ҳарорати оби ба дег воридшаванда $t_1 = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ ва ҳарорати оби содиршаванда $t_2 = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ бошад.

2. Дар оташдони дег ангишти таркибаш $C^K = 37,3 \%$; $H^K = 2,8 \%$; $S_L^K = 1,0 \%$; $N^K = 0,9 \%$; $O^K = 10,5 \%$; $A^K = 29,5 \%$; $W^K = 18,0 \%$ сӯхта мешавад. Гармии дар ихтиёрбуда муайян карда шавад, агар ҳарорати сӯзишворӣ ҳангоми вуруд ба оташдон $t_r = 20^\circ\text{C}$ бошад.
3. Миқдори гармии об дар экономайзери деги самаранокии буғиаш $D = 7,66 \text{ кг/с}$, ки бо гази табиӣ гармии сӯзиши пасташ $Q_p^c = 35621 \text{ кҶ/кг}$ кор мекунад, гирифта муайян карда шавад, агар фишори буғи сӯхта $p_{бс} = 4 \text{ МПа}$, ҳарорати он $t_{бс} = 425^\circ\text{C}$, ҳарорати оби таъминотӣ $t_{от} = 100^\circ\text{C}$, ЗКФ-и дег $\eta_d^{бр} = 90 \%$, бузургии мудоди ҳаводихӣ $P = 3 \%$ ва ҳарорати об ҳангоми аз экономайзер баромадан $t''_{от} = 168^\circ\text{C}$ бошад.

Саволҳои санҷишӣ:

1. Таснифи дегҳои саноатӣ.
2. Нақшаи дегҳо бо гирдгашти маҷбурӣ.
3. Ҷузъҳои асосии дегҳо.
4. Таъинот ва тарзи кори буғсӯзонак.
5. Таъинот ва тарзи кори экономайзер.
6. Таъинот ва тарзи кори ҳавогармкунак.
7. Намудҳои дастгоҳҳои ҷудоиш.
8. Намудҳои дастгоҳҳои ҳаводихӣ.
9. Намудҳои об дар дег ва тайёр намудани онҳо.
10. Тозакунӣ дуд ва дуркунии хокистар ва даҷғол.
11. Мувозинати гармии дегҳо.

Тестҳои барои назорати сатҳи дониш:

1. Дегхонаҳои истеҳсолӣ ва энергетикӣ аз рӯи фишори буғи ҳосилшуда чӣ хел намудҳо мешаванд:
 - а) фишори атмосферӣ (0,1 МПа)
 - б) фишори паст (0,8-1,6 МПа),
 - в) фишори миёна (2,4-4 МПа),
 - г) фишори баланд (10-14 МПа)
 - д) фишори фавқулбаланд (25-31 МПа)

2. Дегҳои гармиистеҳсолиаш то 30 Гкал/соат кадом ҳарорати обро таъмин карда метавонанд:

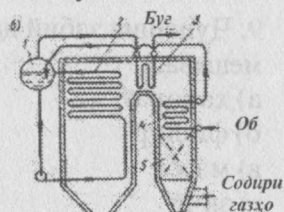
- а) 273 К
- б) 373 К
- в) 473 К
- г) 433 К
- д) 500 К

3. Аз рӯи тавсифи ташкили ҳаракати ҷисми корӣ дар сатҳи буғшавӣ дегҳо ба чӣ хел намудҳо ҷудо мешаванд:

- а) бо давргардии табиӣ
- б) бо давргардии маҷбурӣ
- в) омехта
- г) муқобилсамта
- д) яксамта

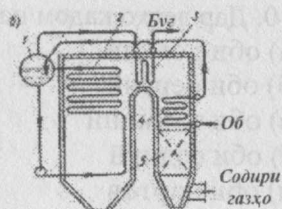
4. Дар расм кадом намуди дег нишон дода шудааст:

- а) бо давргардии табиӣ
- б) бо давргардии маҷбурӣ
- в) омехта
- г) муқобилсамта
- д) яксамта



5. Дар расм маҷкеи 3 чӣ мебошад:

- а) устувона
- б) насос
- в) ҳавогармкунак
- г) буғсӯзонак
- д) экономайзер



6. Таъиноти буғсӯзонак:

- а) барои афзоиши фишор ва ҳарорати буғ
- б) сӯзиши сӯзишворӣ
- в) гармоиши пешакии об

- г) гармоиши ҳаво
- д) бухор кардани об

7. Таъиноти экономайзер:

- а) барои афзоиши фишор ва ҳарорати буг
- б) сӯзиши сӯзишворӣ
- в) гармоиши пешакии об
- г) гармоиши ҳаво
- д) бухор кардани об

8. Таъиноти дастгоҳҳои ҷудоиши дегҳо:

- а) ҷудоиши ғашҳои оби дегӣ
- б) ҷудоиши қатраҳои об аз буг
- в) ҷудоиши қатраҳои об аз ҳаво
- г) ҷудоиши намакҳои об
- д) ҷудоиши моддаҳои минералӣ

9. Ҷудоиши табиӣ дар натиҷаи фарқи кадом бузургӣ амалӣ мешавад:

- а) ҳарорат
- б) фишор
- в) масса
- г) зичӣ
- д) ҳаҷм

10. Дар дегҳо кадом намудҳои об вомехӯранд:

- а) оби дохилӣ
- б) оби берунӣ
- в) оби таъминӣ
- г) оби содирӣ
- д) оби партов

11. Дудҳои ҳосилшударо дар кадом дастгоҳҳо тоза меку-
нанд:

- а) тозакунии марбут
- б) полорҳои барқӣ
- в) ҷудоиши аксуламал

- г) полор-мангана
д) чудоиши ҷозибавӣ

12. Дар формулаи мувозии гармии дег
 $Q^x_n = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6$, Q^x_n чиро ифода мекунад:

- а) талафоти гармӣ ба муҳити атроф
 б) гармии истифодашуда
 в) талафоти гармӣ аз сӯзиши нопурра
 г) гармии дар ихтиёрбуда
 д) талафоти гармӣ бо газҳои раванда

МАВЗЎИ 14. ТАЪМИНОТИ КОРХОНАҲО БО ГАРМӢ

Таъминоти гармӣ истехсоли нерӯи гармӣ, интиқоли он ва тақсимои сарфаноки гармиро байни истеъмолгарон дар бар мегирад. *Истеъмолгарони гармӣ дар корхонаҳо* — таҷҳизот ва равандҳои технологӣ, маҷмааи таъминоти оби гарм барои талаботи технологӣ ва хоҷагӣ-маишӣ, маҷмааи гармидиҳӣ ва ҳавотозакунӣ (вентилятсия). Дар саноат барои равандҳои технологӣ асосан *буғи сӯхта* бо фишори 0,5 — 1,5 МПа, барои гармоиши биноҳои истехсолӣ ва гармкунии ҳаво барои вентилятсия *оби гарм* истифода бурда мешавад.

Ташкили оқилонаи таъминоти гармӣ — шартӣ асосии кори самараноки корхонаҳо мебошад, ки кафолати истехсоли маҳсулоти баландсифатро медиҳад. Яке аз талаботҳои асосӣ ба таъминоти корхонаҳо бо гармӣ ин интиҳоби дурусти нақшаи таъминот мебошад, ки бо таҷҳизоти сериявӣ истехсолшаванда таъмин аст. Дар нақшаи таъминоти гармӣ бояд таъминоти эътимоднок ва бетанаффуси истехсолот бо буғ ва оби гарми нишондодҳояш мувофиқи талабот пешбинӣ шуда бошад.

Шартӣ ҳатмии таъминоти оқилонаи корхона бо гармӣ — имконияти истифодаи сӯзишвории маҳаллӣ, интиҳоби асосноки сӯзишвории эҳтиётӣ ва истифодаи самараноки захираҳои нерӯии партовҳо мебошад.

Ҳангоми интиҳоби нақшаи таъминоти гармӣ имконияти рушди хоҷагии гармӣ тавассути азнавсозии корхона ва афзоиши иқтидори истехсолии он бояд ба инобат гирифта шавад.

Эътимодияти таъминоти корхона бо гармӣ бояд бо хизматрасонии оддии ҳамаи ҷузъҳои хоҷагии гармӣ ва имконияти таъмири ғаврии онҳо бо хароҷоти камтарини меҳнатӣ таъмин шавад.

Нақшаи таъминоти корхона бо гармӣ бояд ихчам бошад ва талафоти камтарини гармӣ ва беруншавии ноқилҳои гармиро дар раванди истехсол ва интиқоли онҳо таъмин намояд.

Яке аз *талаботҳои асосӣ* ба таъминоти гармӣ ин сарфаноки ва инчунин сатҳи ифлоскунии муҳити атроф мебошанд. Сарфанокии таъминоти гармӣ бо хароҷотҳои

истифодабарӣ ва капиталии камтарини имконпазир ва хароҷоти хоси гармӣ ва сӯзишворӣ барои истеҳсоли маҳсулот муайян карда мешавад.

14.1. Системаҳои гармидиҳӣ

Дар аксари корхонаҳои саноати хӯрокворӣ гармӣ аз буғхонаҳои худ, ки бо деғҳои иқтидорашон хурд ва миёна ҷиҳозонида шудаанд, таъмин мешавад, новобаста аз он ки самти асосии истифодаи самараноки сӯзишворӣ таъминоти марказонидаи гармӣ дар асоси МГБ (ТЭЦ) мебошад.

Ин бо мавҷуд набудани манбаъҳои гармидиҳӣ дар минтақаи ҷуғрофии ҷойгиршавии корхонаҳои соҳа ва талаботи баланд ба сифати ноқили гармӣ вобаста аст. Талаботи махсуси санитарӣ ба корхонаҳои саноати хӯрокворӣ сабаби ҷойгиршавии онҳо берун аз ҳудуди шаҳр мебошанд.

Имконияти *таъминоти марказонидаи* корхона бо гармӣ бо масофаи аз ҷиҳати иқтисодӣ асоснок барои додани ноқилҳои гармӣ аз МГБ (буғ – то 3 км, оби гарм – то 10 км) маҳдуд аст. Ҳангоми таъминоти марказонидаи гармӣ на ҳама вақт имконияти таъминоти корхона бо буғи нишондодхояш мувофиқи талабот ва миқдори кофӣ мавҷуд аст. Ба ғайр аз ин МГБ талаботи махсус ба сифат ва миқдори таркоми баргарданда пешниҳод мекунад, ки онҳоро корхонаҳои соҳа на ҳама вақт иҷро карда метавонанд.

Ҳангоми истифодаи таъминоти марказонидаи гармӣ самаранокии истифодаи гармӣ меафзояд, инчунин сарфи хоси сӯзишворӣ барои истеҳсоли он кам мешавад. Ба ғайр аз ин маневрнокӣ дар истифодаи намудҳои гуногуни сӯзишворӣ зиёд мешавад, партовҳо ба муҳити атроф кам шуда, ҳолати санитарии ҳаво беҳтар мешавад.

Ба манбаъҳои марказонидаи таъминоти гармӣ марказҳои гармию барқӣ (МГБ), инчунин деғҳои саноатӣ шомиланд, ки як гурӯҳ корхонаҳоро бо гармӣ таъмин мекунанд, ва дар тавозуни алоҳида мебошад, ё ба таркиби яке аз корхонаҳои дохил мешавад.

Бартарии таъминоти марказонидаи гармӣ он мебошад, ки мавҷуд набудани буғхона ва хоҷагии сӯзишворӣ хароҷоти ка-

питалиро барои сохтмони корхона кам карда мӯҳлати ба истифодадиҳии онро шитоб мебахшад. Ба ғайр аз ин миқдори кормандони хизматрасон кам мешавад. Инчунин агар корхона бугхонаи худро надошта мебошад, масоҳати территорияи корхона ва истеъмоли қувваи барқ кам мешавад.

14.2. Ҳисоби талаботи корхона ба гармӣ

Сарфи гармӣ (Вт) барои талаботи технологӣ

$$Q_{\text{тех}} = 278 \cdot 10^3 \sum q_i p_i, \quad (14.1)$$

дар ин ҷо q_i — сарфи хоси гармӣ барои истеҳсоли маҳсулот, ГҶ/т;

p_i — иқтидори корхона, т/соат.

Сарфи гармӣ (Вт) барои гармоиши

$$Q_{\text{от}} = q_0 \cdot V_H (t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}}), \quad (14.2)$$

дар ин ҷо q_0 — тавсифкунандаи хоси гармоиши бино, Вт/(м²·К);

V_H — ҳаҷми биноҳои гармоишӣ, м³;

$t_{\text{вн}}$ — ҳарорати миёнаи ҳавои дохили бино, °С;

$t_{\text{нар}}$ — ҳарорати ҳавои беруна, °С.

Сарфи гармӣ (Вт) барои вентилятсия

$$Q_{\text{вен}} = q_v V_H (t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}}), \quad (14.3)$$

дар ин ҷо q_v — тавсифкунандаи хоси вентилятсионии бино, Вт/(м²·К);

Сарфи гармӣ (Вт) барои таъминот бо оби гарм

$$Q_{\text{в.г}} = 2 G_v C_v (t_{\text{в.г}} - t_{\text{в.х}}) / \eta_v, \quad (14.4)$$

дар ин ҷо G_v — сарфи оби гарм барои талаботи технологӣ ва хоҷагӣ-маишӣ, кг/с; C_v — гармигунҷоиши об, Ҷ/(кг·К);

$t_{\text{в.г}}$ — ҳарорати миёнаи оби гарм, °С;

$t_{\text{в.х}}$ — ҳарорати оби сард;

$\eta_v = 0,94 \dots 0,97$ — зариби истифодаи фойданоки гармӣ дар обгармкунандаҳо.

Масъалаҳо барои тақмилдиҳӣ:

1. Сарфи гармӣ барои талаботи технологии комбинати гӯшти иқтидораш $p_i = 12,5$ т/соат муайян карда шавад, агар сарфи хоси гармӣ барои истехсоли маҳсулоти гӯштӣ $q_i = 1,2$ ГҶ/т бошад.
2. Сарфи гармии суммавӣ барои гармоиш ва вентилатсияи бинои корхонаи нонбарорӣ муайян карда шавад, агар ҳаҷми биноҳои гармшаванда $30 \cdot 10^3$, ҳаҷми биноҳои вентилатсияшаванда 75 % ҳаҷми гармшаванда, тавсифкунандаи хоси гармоиши бино $q_o = 0,32$ Вт/(м³·К), тавсифкунандаи хоси вентилатсионии бино $q_v = 0,3$ Вт/(м³·К), ҳарорати миёнаи ҳаво дар дохили бино $t_{дох} = 20$ °С ва ҳарорати ҳавои беруна $t_{бер} = -25$ °С бошад.
3. Арзиши аслии 1 ГҶ гармии дар деги самаранокии буғиаш $D = 5,56$ кг/с, ки бо сӯзишвории газӣ кор мекунад, ҳосилшаванда муайян карда шавад, агар фишори буғи сӯхта $p_{бс} = 1,4$ МПа, ҳарорати он $t_{бс} = 280$ °С, ҳарорати оби таъминотӣ $t_{от} = 100$ °С, бузургии мудомии ҳаводихӣ $P = 3$ % ва хароҷоти истифодабарӣ $C_{сол} = 5,05 \cdot 10^5$ сомонӣ/сол бошад.

Саволҳои санҷишӣ:

1. Истеъмолгарони гармӣ дар корхона.
2. Талаботи асосӣ ба таъминоти корхона бо гармӣ.
3. Таъминоти марказонидаи гармӣ.
4. Бартарии таъминоти марказонидаи гармӣ.
5. Таъминоти маҳаллии гармӣ.
6. Ҳисоби сарфи гармӣ барои талаботи технологӣ.
7. Ҳисоби сарфи гармӣ барои гармоиш.
8. Ҳисоби сарфи гармӣ барои вентилатсия.
9. Ҳисоби сарфи гармӣ барои таъминот бо оби гарм.

Тестҳо барои назорати сатҳи дониш:

1. Таъминоти гармӣ кадом равандҳоро дар бар мегирад?
 - а) истеҳсоли нерӯи гармӣ
 - б) интиқоли нерӯи гармӣ
 - в) фурӯши нерӯи гармӣ
 - г) табаддули гармӣ ба қор
 - д) тақсимоли сарфаноки гармӣ байни истеъмолгарон.
2. Истеъмолгарони гармӣ дар корхонаҳо:
 - а) таҷҳизот ва равандҳои технологӣ
 - б) ҳоҷагҳои ёрирасон
 - в) маҷмааи таъминоти оби гарм
 - г) маҷмааи гармидиҳӣ ва ҳавотозакунӣ
 - д) кормандони корхона
3. Дар саноат барои равандҳои технологӣ асосан буғи сӯх-таро бо кадом параметр истифода мебаранд?
 - а) фишори 0,5 – 1,5 МПа
 - б) ҳарорати 65 – 80 °C
 - в) фишори 0,5 – 1,5 атм
 - г) ҳарорати 65 – 80 К
 - д) зичии 50 – 60 кг/м³
4. Дар саноат барои гармоиши биноҳои истеҳсоли ва гармку-нии ҳаво барои вентилятсия чиро истифода мебаранд?
 - а) буғи сер
 - б) буғи носер
 - в) оби гарм
 - г) намақоб
 - д) аммиак
5. Дар корхонаҳои саноати хӯрокворӣ гармӣ аз қучо таъмин мешавад?
 - а) марказҳои гармидиҳӣ
 - б) буғхонаҳои шахрӣ
 - в) буғхонаҳои корхона

- г) аз нерӯи офтоб
- д) аз гармчашмаҳо

6. Таъминоти марказонидаи корхона бо буг ба кадом масофаи аз ҷиҳати иқтисодӣ асоснок имконпазир мебошад?

- а) то 1 км
- б) то 3 км
- в) то 5 км
- г) то 10 км
- д) то 20 км

7. Таъминоти марказонидаи корхона бо оби гарм ба кадом масофаи аз ҷиҳати иқтисодӣ асоснок имконпазир мебошад?

- а) то 1 км
- б) то 3 км
- в) то 5 км
- г) то 10 км
- д) то 20 км

8. Бартариҳои таъминоти марказонидаи гармӣ:

- а) кам кардани хароҷоти капиталии корхона
- б) таъмин бо буғи нишондодхояш мувофиқи талабот
- в) имконияти интиқоли буғ ба масофаҳои гуногун
- г) беҳбудии ҳолати санитарии муҳит
- д) кам кардани кормандони корхона

9. Формулаи сарфи гармӣ барои талаботи технологиро муайян кунед:

- а) $Q = 278 \cdot 10^3 \sum q_i p_i$
- б) $Q = q_0 \cdot V_H (t_d - t_6)$
- в) $Q = q_v V_H (t_d - t_6)$
- г) $Q = 2 G_v C_v (t_{v, \Gamma} - t_{v, X}) / \eta_v$
- д) $Q = \alpha_v F_H (t_d - t_6)$

10. Формулаи сарфи гармӣ барои гармоиширо муайян кунед:

- а) $Q = 278 \cdot 10^3 \sum q_i p_i$
- б) $Q = q_0 \cdot V_H (t_d - t_6)$

$$в) Q = q_v V_H (t_d - t_6)$$

$$г) Q = 2 G_v C_v (t_{в.г} - t_{в.х}) / \eta_v$$

$$д) Q = \alpha_v F_H (t_d - t_6)$$

11. Формулаи сарфи гармӣ барои вентилятсияро муайян кунед:

$$а) Q = 278 \cdot 10^3 \sum q_i p_i$$

$$б) Q = q_0 \cdot V_H (t_d - t_6)$$

$$в) Q = q_v V_H (t_d - t_6)$$

$$г) Q = 2 G_v C_v (t_{в.г} - t_{в.х}) / \eta_v$$

$$д) Q = \alpha_v F_H (t_d - t_6)$$

12. Формулаи сарфи гармӣ барои таъминот бо оби гармро муайян кунед:

$$а) Q = 278 \cdot 10^3 \sum q_i p_i$$

$$б) Q = q_0 \cdot V_H (t_d - t_6)$$

$$в) Q = q_v V_H (t_d - t_6)$$

$$г) Q = 2 G_v C_v (t_{в.г} - t_{в.х}) / \eta_v$$

$$д) Q = \alpha_v F_H (t_d - t_6)$$

МАВЗЌИ 15. МАСЪАЛАҲОИ ЭКОЛОГИИ ИСТИФОДАИ ГАРМӢ

15.1. Газҳои захиноки маҳсулоти сӯзиш

Маҳсулоти сӯзиш ба нишондиҳандаҳои энергетикӣ ва экологии дастгоҳҳои гуногуни гармивӣ таъсири назаррас доранд.

Вале ғайр аз ин маҳсулот ҳангоми сӯзиш як қатор моддаҳои дигар низ ҳосил мешавад, ки аз сабаби миқдори ками онҳо дар ҳисобҳои энергетикӣ ба инобат гирифта намешаванд, лекин онҳо нишондиҳандаи экологии оташдонҳо, тафдонҳо, муҳаррикҳои гармӣ ва дигар дастгоҳҳои гармивии муосирро муайян мекунанд.

Дар навбати аввал ба қатори маҳсулоти сӯзиши аз ҷиҳати экологӣ зараровар газҳои захинокро дохил кардан зарур аст.

Газҳои захинок гуфта моддаҳои меноманд, ки ба организми одам ва муҳити атроф таъсири манфӣ мерасонанд. Моддаҳои асосии захинок инҳоянд: оксидҳои нитроген (NO_x), оксиди карбон (CO), карбогидрадҳои гуногун (CH), сиёҳии дег ва пайвастагиҳои дорои кӯрғошим ва сулфур.

Оксидҳои нитроген. Ҳангоми сӯзиши сӯзишворӣ асосан оксиди нитроген NO ҳосил мешавад, ки баъд он дар атмосфера ба NO_2 табдил меёбад.

Ҳосилшавии NO бо баландшавии ҳарорати газҳо ва дороияти оксиген зиёд мешавад ва аз таркиби карбогидрадии сӯзишворӣ вобаста нест.

NO_2 – и дар атмосфера буда гази рангаш сурхи банур мебошад, ки дар дороияти баланд бӯи гулӯгир дорад. NO_2 ба пардаи луобии чашм таъсири манфӣ мерасонад.

Оксиди карбон (CO) дар вақти сӯзиш ҳангоми норасоии оксиген ё ҳангоми диссотсиатсияи CO_2 ҳосил мешавад. Таъсири асосиро ба ҳосилшавии CO таркиби омехта мерасонад: ҳар қадар он аз CO_2 бой бошад, ҳамон қадар дороияти CO баланд мешавад.

Оксиди карбон – гази беранг буда бӯй надорад. Ҳангоми нафаскашӣ бо ҳамроҳии ҳаво он бо гемоглобини хун бошиддат пайваст мешавад, ки қобилияти узвҳои одам-

ро бо оксиген таъмин кардани хунро кам мекунад. Аломатҳои заҳролудшавии узвҳои бадан бо СО: дарди сар, дилзани, душвории нафаскашӣ ва дилбеҳузурӣ.

Карбогидрадҳо (СН) аз молекулаҳои ибтидоӣ ё барҳамхӯрдаи сӯзишворӣ, ки дар сӯзиш иштирок накардаанд, иборат аст. Карбогидрадҳо дар газҳои партовии (ГП) муҳаррикҳои дарунсӯз дар натиҷаи пахшкунии шӯъла дар наздикии деворҳои нисбатан хуноки чанбари сӯзиш пайдо мешаванд.

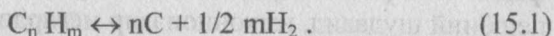
Дар дизелҳо карбогидрадҳо дар минтақаҳои сердорояти омехта ҳосил мешаванд, ки дар он ҷо молекулаҳои сӯзишворӣ пиролиз мешаванд. Агар дар раванди васеъшавӣ ба ин минтақаҳо миқдори кофии оксиген оварда нашавад, пас СН ба таркиби ГП мегузарад.

Миқдори карбогидрадҳои шахсии гуногун, ки ба ин гурӯҳи моддаҳои заҳрнок дохил мешаванд, аз 200 зиёд аст. Дар он дороиятҳое, ки СН дар ҳаво мавҷуд аст, масалан, дар минтақаҳои ҳаракати зиёди нақлиёт, онҳо ба саломатии инсон бевосита зарар намерасонанд, лекин метавонад реаксияҳоеро ба вуҷуд оранд, ки ба ҳосилшавии пайвастагӣҳое мерасонанд, ки дороияти камтарини онҳо зараровар аст. Ҳамин тавр карбогидрадҳо дар зери таъсири нурҳои офтоб метавонанд бо NO_x ҳамкорӣ карда моддаҳои фаъоли биологӣ ҳосил кунанд, ки он ба узвҳои нафаскашӣ таъсири манфӣ расонда сабаби пайдошавии смог шуда метавонанд.

Махсусан партовҳои бензол, толуол, карбогидрадҳои нимдаври буйдиҳанда (КНБ) ва дар навбати аввал бензопирен (C₂₀H₁₂) таъсири калон мерасонанд. Ин гурӯҳи моддаҳои махсусан заҳрнок дар натиҷаи пиролизи ҷузъҳои сабук ва миёнаи сӯзишворӣ дар ҳарорати 600...700 К ҳосил мешавад. Чунин шароит дар наздикии сатҳҳои сарди устувона ҳангоми мавҷудияти карбогидрадҳои носӯхта пайдо мешавад. Миқдори КНБ дар ГП ба дороияти бензол дар сӯзишворӣ мутаносиби роста мебошад. КНБ ба гурӯҳи моддаҳои кансерогенӣ дохил мешавад, онҳо аз узви одам бароварда намешаванд, бо мурури вақт ҷамъ шуда ба ҳосилшавии касалии саратон мусоидат мекунанд.

Сиёҳи дег ин маҳсулоти саҳт буда асосан аз карбоген иборат мебошад. Ба ғайр аз карбоген дар таркиби сиёҳӣ ба миқдори 1...3 % гидроген мавҷуд аст.

Сиёҳӣ дар ҳарорати зиёда аз 1500 К дар натиҷаи раванди ҳаҷмии тақсимшавии гармивӣ (пиролиз) ҳангоми норасоии зиёди оксиген ҳосил мешавад. Реаксияи пиролиз бо чунин муодила ифода мешавад:



Ҳангоми якхела будани миқдори атомҳои карбоген аз рӯи дараҷаи афзоиши моилияти сиёҳиҳосилшавӣ карбогидрадҳо бо тартиби зерин ҷойгиранд: парафинҳо, олефинҳо, ароматикҳо.

Мавҷудияти сиёҳӣ дар ГП дизелҳо дуди сиёхро ҳангоми баромад мефаҳмонад.

Сиёҳӣ ифлоскунандаи механикии роҳҳои нафас мебошад. Хатари асосӣ бо ҳосияти сиёҳӣ дар сатҳи зарраҳои худ ҷамъ намудани моддаҳои кансерогенӣ ва ҳамчун нокили онҳо хизмат кардан алоқаманд аст.

Сиёҳӣ ягона моддаи саҳт дар таркиби ГП нест. Дигар моддаҳои саҳт аз сулфури дар таркиби сӯзишвории дизелӣ мавҷудбуда, инчунин дар намуди азрозоли равшан ва сӯзишвории носӯхта ҳосил мешавад. Ҳамаи моддаҳои, ки дар полори маҳсус ҳангоми аз он гузаштани ГП таҳшин мешаванд, номи умумӣ - зарраҳоро доранд.

Мавҷуд будани маҳсулоти нопурраи сӯзиш (CO , CH ва сиёҳӣ) дар ГП на танҳо аз сабаби заҳрнок буданашон номатлуб аст, балки бо он сабаб ҳам, ки ҳангоми сӯзиши нопурраи сӯзишворӣ гармӣ пурра ҷудо намешавад, ки ин нишондиҳандаҳои иқтисодии дастгоҳҳои гармиро паст мекунад.

Қўргошим ва сулфур. Тақрибан 50-70 % - и қўргошими дар бензин буда ба атмосфера бо ГП дар шакли намакҳои қўргошим, яъне дар намуди зарраҳои қутраш аз 1 мкм камтар меравад. Ин зарраҳо ба узвҳои одам бо ҳамроҳии ҳаво ва таваассути пўст дохил мешаванд. Пайвастагиҳои қўргошим хеле заҳрнок буда аз узви одам бароварда намешавад, балки дар он

чо гун мешавад. Онҳо ба системаи асаб таъсири манфӣ расонида, ба бемории асабоният ва рӯҳӣ оварда мерасонад.

Сулфури дар таркиби сӯзишвории дизелӣ, мазут ва ангиштсанг буда баъди сӯзиш дар шакли диоксид SO_2 ба атмосфера партофта мешавад, ки он барои растаниҳо хеле зараровар буда ба пайдошавии борони «кислотагӣ» мусоидат мекунад.

Ҳузури пайвастагиҳои кӯргошим ва сулфур дар ГП истифодаи нейтрализаторҳои каталикиро, ки барои тозакунии ГП пешбинӣ шудаанд, имконнопазир мегардонад.

Баъзе моддаҳои захрнок дар таркиби маҳсулоти сӯзиш баъди ба атмосфера пахн шудан, дар он ҷо табодуллотро идома медиҳанд. Масалан, ҳангоми дар атмосфера мавҷуд будани карбогидрадҳо (ё радикали онҳо), оксидҳои нитроген ва оксиди карбон таҳти афканишоти бошиддати офтоб озон O_3 ҳосил мешавад, ки он оксидкунандаи тавоно буда, ҳангоми дороияти мӯайян ба бадшавии саломатии инсон оварда мерасонад.

Ҳангоми дар атмосфераи камҳаракат ва нам зиёд будани NO_2 , O_3 ва CH тумани рангаш сурхи чигарӣ пайдо мешавад, ки он «смог» ном дорад (аз калимаҳои англисии Smoke – дуд ва fog – туман). Смог омехтаи чӯзҳои моеъ ва газӣ буда чашм ва пардаи луобии онро меангезад ва биноиро дар роҳҳо бад менамояд.

Манбаҳои асосии партовҳои захрнок нақлиёт, саноат, нерӯгоҳҳои гармӣ ва барқӣ ба ҳисоб мераванд. Дар баъзе шаҳрҳо миқдори маҳсулоти сӯзиши захрнок дар атмосфера аз дороияти ҳудудӣ-ҷоизӣ даҳҳо маротиба зиёд мебошад.

Барои мубориза ва пешгирии ин бадӣ дар бисёр давлатҳои дунё қонунҳои мувофиқ қабул шудаанд, ки онҳо миқдори ҷоизии моддаҳои захрнокӣ ба атмосфера партояндаро маҳдуд менамоянд.

15.2. Таъсироти газҳои захрнок

Барои баҳодиҳии дороияти партовҳои захрдор муқоисаи дороияти амалии онҳо бо ҳудудӣ-ҷоизӣ (якбораи максималӣ, миёнаи шабонарӯза ё миёнаи солана) қабул шудааст.

Дар асоси тадқиқотҳои зиёди эпидемиологӣ ва токсикологӣ муайян карда шудааст, ки таъсири ҳар як чузъи зараровар ба натиҷаҳои манфӣ оварда метавонад.

Оксиди углерод CO (дарозии умр дар атмосфера 2-42 моҳ) ба системаи асаб таъсир мерасонад, ба беҳушӣ меорад, чунки он бо гемоглобини хун ба реаксия дохил шуда, оксигенро иваз мекунад. Вобаста аз консентратсияи CO дар ҳаво ва муддати таъсири он дараҷаи шикастхурии организм амалан фарқ карда метавонад.

Вақте ки нафасгирӣ қатъ мешавад, CO – и бо гемоглобин басташуда оҳиста- оҳиста ҷудо мешавад ва хуни инсонӣ солим то 50 % дар ҳар як 3 – 4 соат тоза мешавад.

Таъсири CO ба системаи марказии асаб дар тағйирёбии ҳиссиёти рангбинӣ ва рӯшноии ҷашм мушоҳида мешавад ва эҳтимолияти руҳ додани садама меафзояд. ДХЧ – и якбораи максималии ин модда дар ҷойҳои аҳолинишин қимати 3 мг/м^3 , дар ИМА 10 мг/м^3 таи 8 соати таъсирот соҳиб аст.

Дар атмосфераи болои роҳҳои мошингард ва минтақаҳои назди онҳо аз оксидҳои нитроген асосан NO ва NO₂ вомерӯанд. NO чузъи ноустувор мебошад, ки дар муддати аз 0,5...3 то 100 соат (вобаста аз дороияташ дар ҳаво) то NO₂ оксид мешавад. Заҳрнокии NO₂ аз NO 7 маротиба зиёд мебошад.

NO₂ ба организми одам ҳангоми дороияти 15 мг/м^3 ҳамчун ангезандаи тез амал мекунад ва ҳангоми дороияти 200...300 мг/м^3 метавонад ба варами шуш оварда расонад. Оксидҳои нитроген бо намии ҳаво ба реаксия даромада кислотаи нитрогенро ташкил мекунанд, ки ба зангзании фулӯзот, нобудкунии наботот ва ғ. мерасонад.

Хатари асосиро оксидҳои нитроген ҳамчун чузъи ғайриҳангоми ташаккули смоги фотохимиявӣ меоранд. Дороияти якбораи максималии оксидҳои нитроген дар атмосфераи маҳалҳои аҳолинишин $0,085 \text{ мг/м}^3$ мебошад.

Карбогидрадҳои хурдмолекулаи газмонанд ба организми одам таъсири мадҳушӣ расонида, ба ҳолати кайфчоқӣ оварда мерасонад, ки ин эҳтимолияти ба садама дучор шуданро зиёд мекунад. Заҳрнокии онҳо ҳангоми дар ҳаво вучуд доштани ифлоскунандаҳои дигар меафзояд, ки дар маҷмӯъ таҳти

таъсири офтоб оксидантҳои фотохимиявии смогро ташкил медиҳанд. ДХЧ-и якбораи максималӣ 5 мг/м^3 мебошад.

Карбогидрадҳои нимдаври бӯйдор, ки дар таркиби партовҳои муҳаррик мавҷуданд, кансерогенӣ буда, аз онҳо фаъолнокии зиёдтаринро бензпирен ($\text{C}_{20}\text{H}_{12}$) соҳиб мебошад. ДХЧ-и он дар ҳаво $0,1 \text{ мкг/100 м}^3$ ташкил медиҳад.

Сиёҳӣ, ки дар таркиби газҳои партовӣ вохӯрдан мумкин аст, нисбат ба чанги оддӣ захрноктар мебошад. Сатҳи зарраҳои сиёҳӣ моддаҳои кансерогениро ҷаббида мегирад. Дуди автомобил Ҳангоми дороияти сиёҳӣ 130 мг/м^3 намоён мешавад.

Оксидҳои сулфур Ҳангоми дороиятҳои камтарин ($0,001 \%$) ба варами роҳҳои нафасгард меорад, Ҳангоми дороияти $0,01 \%$ инсон дар якҷанд дақиқа захролуд мешавад. Мавҷудияти газҳои сулфурӣ дар атмосфера ба фотосинтези растаниҳо монеа мешавад, ба роҳҳои нафасгарди инсон таъсири манфӣ мерасонад. Ҳангоми дороияти SO_2 дар ҳаво зиёда аз $0,9 \text{ мг/м}^3$ будан равандҳои фотосинтези растаниҳо тағйир меёбад; баъди $5 \dots 10$ рӯз сӯзанбаргҳои санавбар, арча ба сурхшавӣ медарояд ва пеш аз мӯҳлат мерезад. Муқаррар карда шудааст, ки омехтаи SO_2 ва CO Ҳангоми таъсири дарозмуддат ба вайроншавии функсияи генетикии узвҳо меорад. ДХЧ дар минтақаи корӣ 10 мг/м^3 —ро ташкил медиҳад.

Пайвастаҳои қӯрғошим ба пайдоиши дарди сар, мондашавӣ, беҳобӣ, фаъолнокии ферментии сафедаҳои узвҳои зинда оварда мерасонад. ДХЧ-и шабонарӯзии миёна $0,0003 \text{ мг/м}^3$ —ро ташкил медиҳад. Қӯрғошим дар узвҳо ҷамъ шуда, метавонад ба ҳаробии вазнини системаи асаб ва хунгард орад.

Таъсироти манфии партовҳои автомобил ба инсон ҳам таваассути оби ошомиданӣ ва ҳам маҳсулоати хӯрокворӣ мушоҳида мешавад. Ғавои нақлиёт ва афканишоти электромагнитӣ низ ба бадшавии саломатӣ оварда мерасонанд.

15.3. Оқибатҳои асари гармхонавӣ

Яке аз маҳсулоати асосии сӯзиши сӯзишвории карбогидрадӣ *гази карбон* (CO_2) мебошад, ки ба газҳои захрнок мансуб нест. Партофти солонаи CO_2 $130 \dots 1100$ млрд. т/сол ташкил

медихад. Миқдори асосии CO_2 аз манбаъҳои табиӣ истихроҷ мешавад ва фақат тақрибан 1...3 % бо ғайолияти техникии инсон (партовҳои антропогенӣ) алоқаманд аст. Аммо ин 1...3 % метавонанд мувозинатиро дар атмосфера вайрон карда, сабаби пайдоиши асари гармхонавӣ шаванд.

Дар қабатҳои болоии атмосфера ҳамавақт омехтаи газӣ ҷойгир буд, ки 60... 90 % аз ғуғи обӣ иборат мебошад. Ин омехтаи газӣ ба бурдани гармӣ аз сатҳи сайёраамон монеа шуда, ҳарорати миёнаи онро ба 33°C (аз -18°C то $+15^\circ\text{C}$) баланд мекунад. *Моҳияти асари гармхонавӣ* маҳз дар афзоиши ҳарорати миёнаи сатҳи замин мебошад, ки шароити мусоидро барои пайдоиш ва рушди ҳаёт дар Замин муҳайё сохт. Аммо дар натиҷаи ғайолияти инсон дар стратосфера ва тропосфера чунин моддаҳо, ба монанди CO_2 , CH_4 , карбогидрадҳои ғалогендор, озон ва гемиоксиди нитроген (NO_2) чамъ шуданд. Ҳиссаи суммавии ин газҳо дар қабати “гармхона” нисбатан зиёд набуда, ҳамагӣ 0,5... 15 % -ро ташкил медиҳанд. Вале онҳо таи 100 соли охир ба баландшавии ҳарорати миёна тақрибан ба $0,45^\circ\text{C}$ расониданд, ки дар гармшавии иқлим мушоҳида мешавад. Ҳангоми давом ёфтани беназоратӣ дар масъалаи асари гармхонавӣ обшавии бошиддати пирияхҳо ба амал омада метавонад, ки ба садамаи глобалӣ меорад. Аз ҳама газҳои антропогенӣ “гармхона” ба асари гармхонавӣ таъсири асосиро гази CO_2 мерасонад. Манбаъҳои асосии партовҳои антропогенӣ CO_2 инҳо мебошанд: нерӯгоҳҳои барқии гармӣ – 27 %, саноат – 20 %, гармидиҳии биноҳои истиқоматӣ ва энергетикаи хурд – 20 %, нақлиёт – 17 %.

Коҳиши партовҳои антропогенӣ CO_2 масъалаи муҳими экологӣ шудааст. Ҳамоно маълум аст, ки чӣ қадаре ки ҳангоми сӯзиши сӯзишвории карбогидрадӣ зиёдтар CO_2 ҳосил шавад, ҳамон қадар мукамал мебошад. Барои ҳамин ҳалли ин масъала бо роҳҳои зерин имконпазир мебошад:

- кам кардани миқдори сӯзишвории карбогидради сӯзонанда, яъне афзоиши сарфанокии сӯзишвории дастгоҳҳои гармиэнергетикӣ ва муҳаррикҳои гармӣ;

- истифодаи сӯзишвории дорои миқдори ками карбон (газҳои фишурдашуда ва моеъ, спиртҳо ва эфирҳо);
- истифодаи гидроген;
- истифодаи васеи манбаъҳои алтернативии энергия (энергияи офтоб ва шамол, энергияи об, энергияи атом ва ҳаста).

Масъалаҳо барои такмилдиҳӣ:

1. Миқдори гармии аз газҳои партовии деги корхонаи спиртбарорӣ ба экономайзери обгармкунанда диҳанда муайян карда шавад, агар ҳарорати газҳо ҳангоми вуруд ба экономайзер $\theta = 340^\circ\text{C}$, ҳарорати газҳо ҳангоми баромадан $\theta' = 200^\circ\text{C}$, ҳаҷми назариявии газҳо $V_g^0 = 11,48 \text{ м}^3/\text{кг}$, ҳаҷми лозимаи назариявии ҳаво $V^0 = 10,62 \text{ м}^3/\text{кг}$, зариби изофавии ҳаво баъди экономайзер $\alpha_y = 1,4$, гармигунҷоиши ҳаҷмӣ миёнаи ҳаво $c'_{г.м} = 1,415 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$ ва сарфи сӯзишворӣ барои 1 дег $B_p = 0,2 \text{ кг/с}$ бошад. Дар бугҳона 3 деги якхелаи мазутӣ насб шудааст.
2. Сарфаи сӯзишвории шартӣ ҳангоми истифодаи гармии ҳосилшуда дар намуди буг дар дег-утилизатор аз ҳисоби гармии газҳои партовии 2 тафдони нонпазӣ муайян карда шавад, агар ҳарорати газҳои аз тафдон бароянда $\theta = 700^\circ\text{C}$, ҳарорати газҳои аз дег-утилизатор бароянда $\theta' = 200^\circ\text{C}$, зариби изофагии ҳаво баъди дег-утилизатор $\alpha_y = 1,35$, сарфи сӯзишворӣ дар ду тафдон $B_p = 0,036 \text{ м}^3/\text{с}$, зариби номувофиқати речаи кории дег ва тафдонро ба инобатгиранда $\beta = 1,0$, зариби талафоти гармӣ ба муҳити атроф $\zeta = 0,12$ ва ЗКФ-и дег $\eta_d = 0,86$ бошад. Тафдонҳои нонпазӣ бо гази табиӣ таркибаш $\text{CH}_4 = 94,1\%$; $\text{C}_2\text{H}_6 = 3,1\%$; $\text{C}_3\text{H}_8 = 0,6\%$; $\text{C}_4\text{H}_{10} = 0,2\%$; $\text{C}_5\text{H}_{12} = 0,8\%$; $\text{N}_2 = 1,2\%$ кор мекунамд.

Саволҳои санҷишӣ:

1. Ҳангоми сӯзиш чӣ хел моддаҳо ҳосил мешаванд?
2. Моддаҳои заҳроноки сӯзиш кадомҳоянд?
3. Таъсири оксидҳои нитроген ба инсон ва табиат.

4. Таъсироти оксиди карбон ба инсон ва табиат.
5. Таъсироти карбогидрадҳо ба инсон ва табиат.
6. Таъсироти сиёҳӣ ба инсон ва табиат.
7. Таъсироти пайвастаҳои кӯрғошим ва сулфур ба инсон ва табиат.
8. Дороияти ҳудудӣ-ҷоиҳои газҳо дар атмосфера.
9. Асари гармхонавӣ чист?
10. Таъсироти CO_2 ба инсон ва табиат.
11. Усулҳои коҳиши партовҳои антропогенӣ CO_2 .

Тестҳо барои назорати сатҳи дониш:

1. Ба моддаҳои заҳроноки маҳсулоти сӯзиш мансубанд:

- а) оксидҳои нитроген
- б) оксидҳои карбон
- в) оксидҳои магний
- г) оксидҳои хлор
- д) оксидҳои йод

2. NO_2 соҳиби чӣ хел ҳосияти манфӣ мебошад?

- а) бӯи гулӯгир дорад
- б) ба пардаи луобии чашм таъсири манфӣ мерасонад
- в) бо гемоглобини хун бошиддат пайваست мешавад
- г) ба асари гармхонавӣ оварда мерасонад
- д) ба узвҳои нафаскашӣ таъсири манфӣ мерасонад

3. CO соҳиби чӣ хел ҳосияти манфӣ мебошад?

- а) бӯи гулӯгир дорад
- б) ба пардаи луобии чашм таъсири манфӣ мерасонад
- в) бо гемоглобини хун бошиддат пайваст мешавад
- г) ба асари гармхонавӣ оварда мерасонад
- д) ба узвҳои нафаскашӣ таъсири манфӣ мерасонад

4. CO_2 соҳиби чӣ хел ҳосияти манфӣ мебошад?

- а) бӯи гулӯгир дорад
- б) ба пардаи луобии чашм таъсири манфӣ мерасонад
- в) бо гемоглобини хун бошиддат пайваст мешавад

- г) ба асари гармхонавӣ оварда мерасонад
- д) ба узвҳои нафаскашӣ таъсири манфӣ мерасонад

5. Сиёҳӣ соҳиби чӣ хел хосияти манфӣ мебошад?

- а) бӯи гулӯгир дорад
- б) ба пардаи луобии чашм таъсири манфӣ мерасонад
- в) бо гемоглобини хун бошиддат пайваст мешавад
- г) ба асари гармхонавӣ оварда мерасонад
- д) ба узвҳои нафаскашӣ таъсири манфӣ мерасонад

6. Карбогидрадҳо соҳиби чӣ хел хосияти манфӣ мебошад?

- а) бӯи гулӯгир дорад
- б) ба пардаи луобии чашм таъсири манфӣ мерасонад
- в) бо гемоглобини хун бошиддат пайваст мешавад
- г) ба асари гармхонавӣ оварда мерасонад
- д) ба узвҳои нафаскашӣ таъсири манфӣ мерасонад

7. Кӯрғошим ба кадом узвҳои инсон таъсири манфӣ мерасонад?

- а) ба пардаи луобии чашм
- б) ба системаи асаб
- в) бо гемоглобини хун
- г) ба узвҳои ҳаракат
- д) ба узвҳои нафаскашӣ

8. Манбаъҳои асосии партовҳои заҳрнок:

- а) саноат
- б) ҳайвоноти ваҳшӣ
- в) нақлиёт
- г) нерӯгоҳҳои барқии обӣ
- д) фаъолияти маишии инсон

9. Маънои калимаи смог чист?

- а) дуд
- б) чанг
- в) туман

- г) дуд+чанг
- д) дуд+туман

10. Миқдори моддаҳои захрнок дар атмосфера бо кадом нишондод санчида мешавад?

- а) шиддати ҳудудӣ-чузъӣ
- б) ҳарорати ҳудудӣ-чузъӣ
- в) дороияти ҳудудӣ-чузъӣ
- г) массаи ҳудудӣ-чузъӣ
- д) фишори ҳудудӣ-чузъӣ

11. Моҳияти асари гармхонавӣ чист?

- а) пастшавии ҳарорати миёнаи сатҳи замин
- б) афзоиши дороияти буг дар атмосфера
- в) пастшавии сатҳи уқёнуси ҷаҳонӣ
- г) афзоиши ҳарорати миёнаи сатҳи замин
- д) зиёдшавии қабати озонии замин

12. Чанд фоизи партовҳои CO_2 бо фаъолияти техникии инсон вобаста аст?

- а) 90...95 %
- б) 70...75 %
- в) 40...50 %
- г) 15...20 %
- д) 1...3 %

**Воҳидҳои асосӣ ва иловагии маҷмӯи байналҳалқии
воҳидҳо (СИ)**

Бузургии физикавӣ	Номи воҳиди ченкунӣ	Ишораи байналҳалқӣ	Ишораи тоҷикӣ
Воҳидҳои асосӣ			
Дарозӣ	метр	m	м
Вазн	килограмм	kg	кг
Вақт	сония	s	с
Қувваи май- дони электрикӣ	ампер	A	А
Ҳарорати термоди- намикӣ	келвин	K	К
Қувваи рӯшноӣ	кандела	Cd	Кд
Миқдори мод- да	мол	Mol	Мол
Воҳидҳои иловагӣ			
Кунҷи ҳамвор	радиан	rad	рад
Кунҷи ҷисмӣ	стерадиан	sr	ср

**Пешояндҳои СИ ва зарибҳои барои ҳосил кардани қара-
та даҳӣҳо ва ҳиссаҳои воҳидҳо ва номгӯи онҳо**

Пешоянд	Ишораи пешоянд		Зариби
	Байналҳалқӣ	тоҷикӣ	
Экса	E	Э	10^{18}
Пета	P	П	10^{15}
Тера	T	Т	10^{12}
Гига	G	Г	10^9
Мега	M	М	10^6
Кило	k	к	10^3

Гекто	h	г	10^2
Дека	da	да	10^1
Детси	d	д	10^{-1}
Сант	c	с	10^{-2}
Милли	m	м	10^{-3}
Микро	μ	мк	10^{-6}
Нано	n	н	10^{-9}
Пико	p	п	10^{-12}
Фемто	f	ф	10^{-15}
Атто	a	а	10^{-18}

Чадвали 3

Воҳидҳои асосии ҳосилшудаи СИ барои термодинамика

Бузургии физикавӣ	Воҳид		
	Номгӯи воҳид	Ишора	
		Бай- нал ҳалқӣ	Точик ӣ
Ҳарорати Селсий	градуси Селсий	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$
Зариби ҳароратӣ	келвин дар дараҷаи минуси якум	K^{-1}	K^{-1}
Градиенти ҳарорат	келвин бар метр	K/m	$\text{K}/\text{м}$
Гармӣ, миқдори гармӣ	Ҷоул	J	Ҷ
Селаи гармӣ	ватт	W	Вт
Зичии сатҳии селай гармӣ	ватт бар метри мураббаъ	W/m^2	$\text{Вт}/\text{м}^2$
Гармигузарониш	ватт бар метр- келвин	$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	$\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$
Зариби мубодилаи гармӣ, зариби таҳвили гармӣ	ватт бар метри мураббаъ - келвин	$\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	$\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{K})$
Ҳароратгузарониш	метри мураббаъ бар сония	m^2/s	$\text{м}^2/\text{с}$

Гармигунчоиш	чоул бар келвин	J / K	Ч/К
Гармигунчоиши хос	чоул бар кило- грамм-келвин	J / (kg ·K)	Ч /(кг·K)
Энтропия	чоул бар келвин	J / K	Ч/К
Энтропияи хос	чоул бар кило- грамм-келвин	J / (kg ·k)	Ч/ (кг·K)
Потенсиали термодинамикӣ (энергияи дохилӣ, эн- талпия, потенциали изохорӣ-изотермӣ, потенсиали изобарӣ- изотермӣ), гармии табаддули фазаӣ, гармии реаксияҳои химиявӣ	Чоул	J	Ч
Миқдори хоси гармӣ, потенсиали хоси термодинамикӣ, гар- мии хоси табаддули фазаӣ, гармии хоси ангезаҳои кимиёвӣ	чоул бар кило- грамм	J / kg	Ч/кг

Ҷадвали 4

Хосиятҳои термодинамикии буги обӣ (аз рӯи додашудаҳои
М.П.Вукалович)

Фишор P		Ҳарорат $t, ^\circ\text{C}$	Зичӣ ρ , кг/м ³	Энтал- пия i , кҶ/кг	Гармии бугҳосил- шавӣ r , кҶ/кг
кг/см ²	кПа				
0,05	4,90	32,5	0,0348	2560,2	2423,7
0,1	9,81	45,4	0,0669	2583,3	2393,2
0,2	19,61	59,7	0,1284	2608,8	2358,8
0,5	49,03	80,9	0,3031	2644,4	2305,7
1,0	98,07	99,1	0,5797	2674,5	2259,2
1,1	107,87	101,8	0,6337	2678,7	2252,1
1,2	117,68	104,2	0,6873	2682,5	2245,4

1,3	127,49	106,6	0,7407	2686,2	2239,5
1,4	137,29	108,7	0,7943	2689,2	2233,2
1,5	147,1	110,8	0,8467	2692,5	2227,8
1,6	156,9	112,7	0,9001	2695,5	2222,4
1,7	166,7	114,6	0,9524	2698,4	2217,7
1,8	176,5	116,3	1,0046	2700,9	2212,7
1,9	186,3	118,0	1,057	2703,4	2208,1
2,0	196,1	119,6	1,109	2705,9	2203,9
3,0	294,2	132,9	1,621	2724,3	2165,8
4,0	392,3	142,9	2,124	2737,7	2136,1
5,0	490,3	151,1	2,620	2747,8	2111,0
6,0	588,4	158,1	3,111	2756,2	2088,8
7,0	686,5	164,2	3,600	2762,9	2069,1
8,0	784,6	169,6	4,085	2768,3	2050,8
9,0	882,6	174,5	4,568	2772,9	2033,9
10,0	980,7	179,0	5,051	2777,1	2018,5

Ҷадвали 5

Ҳосиятҳои физикӣ буғи обӣ дар ҳақиқат сершавӣ

$t, ^\circ\text{C}$	$p \cdot 10^{-5},$ Па	$c, \text{кҶ/}$ (кг·К)	$\lambda \cdot 10^2,$ Вт/(м·К)	$\mu \cdot 10^6,$ Па·с	Pr
100	1.01	2.135	2.372	11.97	1.08
110	1.43	2.177	2.489	12.46	1.09
120	1.98	2.206	2.593	12.85	1.09
130	2.70	2.257	2.686	13.24	1.11
140	3.61	2.315	2.791	13.54	1.12
150	4.76	2.395	2.884	13.93	1.16
160	6.18	2.479	3.012	14.32	1.18
170	7.92	2.583	3.128	14.71	1.21
180	10.03	2.709	3.268	15.11	1.25

Хосиятҳои физикӣ об дар ҳаҷи сершавӣ

t , °C	ρ , кг/м ³	c , кҶ/(кг·К)	λ , Вт/(м·К)	$\mu \cdot 10^6$, м ² /с	Pr
0	999,8	4,237	0,551	1,790	13,7
5	999,7	4,224	0,563	1,540	11,3
10	999,6	4,212	0,575	1,300	9,56
15	998,9	4,208	0,586	1,100	8,15
20	998,2	4,204	0,599	1,090	7,06
25	996,9	4,204	0,608	0,910	6,20
30	995,6	4,199	0,618	0,805	5,50
35	993,9	4,199	0,626	0,720	4,85
40	992,2	4,199	0,634	0,659	4,30
45	990,1	4,199	0,641	0,615	3,90
50	988,0	4,199	0,648	0,556	3,56
55	985,6	4,199	0,654	0,515	3,25
60	983,2	4,204	0,659	0,479	3,00
65	980,5	4,208	0,664	0,445	2,75
70	977,7	4,212	0,668	0,415	2,56
75	974,8	4,212	0,671	0,385	2,35
80	971,8	4,216	0,674	0,366	2,23
85	968,5	4,220	0,678	0,347	2,10
90	965,3	4,224	0,680	0,326	1,95
95	961,8	4,224	0,682	0,310	1,85
100	958,3	4,229	0,683	0,295	1,75
110	951,0	4,237	0,685	0,268	1,58
120	943,1	4,250	0,686	0,244	1,43
130	934,8	4,271	0,686	0,226	1,32
140	926,1	4,291	0,686	0,212	1,23

Хосиятҳои теплофизикии шир

t , °C	ρ , кг/м ³	c , кҶ/(кг·К)	λ , Вт/(м·К)	$\mu \cdot 10^3$, Па·с	Pr
10	1032	3870	0,489	2,52	20,0
20	1029	3890	0,495	1,82	14,3
30	1025	3900	0,500	1,35	10,6
40	1021	3910	0,506	1,1	8,5
50	1016	3870	0,516	0,87	6,5
60	1011	3856	0,518	0,72	5,35
70	1005	3852	0,524	0,63	4,65
80	1000	3850	0,530	0,58	4,2

Хосиятҳои теплофизикии маҳлулҳои қанд

Ғилзат- ноқӣ, % масс.	t , °C	ρ , кг/м ³	λ , Вт/ (м·К)	c , кҶ/ (кг·К)	$\mu \cdot 10^6$, м ² /с	Pr
20	50	1068	0,5706	3760	0,9065	6,38
	60	1063	0,5809	3775	0,7605	5,26
	70	1059	0,5893	3790	0,6488	4,37
	80	1054	0,5965	3805	0,5610	3,76
30	50	1113	0,5368	3546	1,2820	9,71
	60	1108	0,5458	3568	1,0820	7,84
	70	1103	0,5536	3591	0,9063	6,49
	80	1098	0,5604	3614	0,7750	5,48
40	50	1162	0,502	3333	2,140	16,52
	60	1157	0,510	3363	1,701	12,97
	70	1152	0,518	3393	1,389	10,48
	80	1146	0,524	3423	1,153	8,62
50	50	1215	0,468	3119	4,173	33,82
	60	1210	0,475	3157	3,148	25,30
	70	1205	0,482	3195	2,442	19,47
	80	1199	0,488	3232	1,956	15,50

65	60	1321	0,426	2847	15,14	112,0
	70	1316	0,433	2893	10,45	74,3
	80	1310	0,438	2943	7,54	51,8

Қадвали 9

Хосиятҳои теплофизикии баъзе маҳсулоти истеҳсолоти шаробназӣ

t, °C	ρ , кг/м ³	c, кҶ/(кг·К)	λ , Вт/(м·К)	$\alpha \cdot 10^6$, м ² /с	$\mu \cdot 10^4$, Па·с
Мускати сафед					
10	1089	3.610	0.373	0.095	47.07
20	1086	3.612	0.392	0.100	31.28
30	1082	3.615	0.416	0.105	22.75
40	1077	3.617	0.430	0.111	17.55
50	1071	3.620	0.448	0.116	14.41
60	1065	3.622	0.474	0.122	13.43
70	1059	3.625	0.500	0.128	12.36

Шароби мевагӣ

10	1015	4,080	0,360	0,087	29,51
20	1012	4,083	0,384	0,093	20,79
30	1008	4,086	0,407	0,099	15,30
40	1003	4,089	0,430	0,105	12,06
50	998	4,092	0,453	0,111	10,69
60	993	4,095	0,477	0,117	10,30
70	988	4,095	0,498	0,123	9,80

Ҳосиятҳои теплофизикии баъзе маҳсулоти хӯрокворӣ
ҳангоми 20 °C

Маҳсулот	ρ , кг/м ³	c , кҶ/ (кг·К)	λ , Вт/ (м·К)	$a \cdot 10^6$, м ² /с	$\mu \cdot 10^3$, Па·с
Асал	1345	2,428	0,344	0,105	—
Шир	1031	3,935	0,495	0,122	1,80
Шири беравған	1036	3,956	0,574	0,114	1,74
Шира	1430	2,700	0,394	0,102	—
Ширкиём	1280	2,260	0,267	0,092	12,45
Зардоби маска	1032	3,940	0,450	0,114	1,067
Қаймоқи равғаннокиа ш 25%	1010	4,639	0,360	0,077	8,09
Сметана	1070	3,182	0,349	0,102	—
Зардоб	1027	4,082	0,541	0,128	1,65
Равғани маска	930	2,206	0,201	0,098	—
Орд	762	1,708	0,122	0,094	—
Шакар	878	1,407	0,158	0,128	—
Панири серравған	1080	2,428	0,349	0,133	—
Твороги серравған	1060	3,265	0,430	0,124	—

Хосиятҳои теплофизикии аммиаки моеъ ва фреон (R-12) дар хати сершавӣ

t, °C	p, кПа	ρ , кг/м ³	c, кЖ/(кг·К)	λ , Вт/(м·К)	$\mu \cdot 10^4$, Па·с	r , кЖ/кг	Pr
Аммиак							
-30	119,5	677,7	4467	0,549	2,550	1360	2,07
-20	190,2	665,0	4509	0,544	2,275	1330	1,88
-10	290,9	652,0	4551	0,537	2,060	1300	1,74
0	429,4	638,6	4597	0,524	1,873	1260	1,64
10	615,0	624,7	4647	0,509	1,687	1230	1,54
20	857,2	610,3	4710	0,494	1,520	1190	1,45
30	1166,5	595,2	4798	0,474	1,373	1150	2,07
Фреон -12							
-30	100,5	1486	896	0,095	37,76	167,43	3,55
-20	151,0	1457	908	0,091	34,22	163,62	3,44
-10	219,3	1426	921	0,086	31,38	159,48	3,36
0	308,3	1394	934	0,081	29,42	154,95	3,38
10	429,3	1361	951	0,077	27,75	150,05	3,44
20	567,3	1327	967	0,072	26,48	144,70	3,55
30	744,5	1292	984	0,067	25,10	138,75	3,66

Чадвали 12

Хосиятҳои теплофизикии намакоб NaCl бо ғилзатнокии 22,5
% масс.

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$c, \text{кДж/(кг}\cdot\text{К)}$	$\lambda, \text{Вт/(м}\cdot\text{К)}$	$\mu \cdot 10^3, \text{Па}\cdot\text{с}$	Pr
5	1170	3,330	0,560	2,46	14,7
0	1181	3,390	0,540	2,98	18,4
-5	1183	3,329	0,523	3,66	23,4
-10	1185	3,328	0,505	4,57	30,1
-15	1187	3,322	0,490	5,61	38,2
-20	1188	3,320	0,476	6,85	47,5

Чадвали 13

Ҷиматҳои тақрибии зарифҳои гармигузариш K, бо Вт/(м²·К)

Намуди мубодилаи гармӣ	Ҳаракати муҳит	
	мачбури	озодона
Аз газ ба газ	10 - 40	4 - 12
Аз газ ба моеъ (яҳдонҳо)	10 - 60	6 - 20
Аз буги таркомшаванда ба газ (калориферҳо)	10 - 60	6 - 12
Аз буги обии таркомшаванда ба об (таркомсозҳо, гармкунакҳо)	800 - 3500	300 - 1200
Аз буги обии таркомшаванда ба моеоти узвӣ (гармкунакҳо)	120 - 340	60 - 170
Аз буги таркомшаванда ба об (таркомсозҳо)	300 - 800	230 - 460
Аз буги таркомшаванда ба моеи чушанда (бухорсоз)	—	300 - 2500

Хосиятҳои теплофизикии бугҳои аммиак ва R-12

t °C	p, кПа	ρ, кг/м ³	c, кЧ/(кг·К)	μ·10 ⁴ Па·с	λ, Вт/(м·К)	Pr
Аммиак						
-50	9,81	0,380	1,968	7,65	0,0174	0,86
0	9,81	0,304	2,093	9,32	0,0221	0,89
50	9,81	0,263	2,135	10,98	0,0265	0,89
Фреон -12						
-40	4,903	0,306	0,502	11,18	0,0064	0,87
0	4,903	0,262	0,553	11,77	0,0093	0,70
50	4,903	0,220	0,599	13,53	0,0116	0,70

Хосиятҳои теплофизикии баъзе масолах

Масолах	Зичӣ, кг/м ³	Гармигун- чоии хос, кЧ/(кг·К)	Гармигуза- рониш, кВт/ (м·К)
Алюминий	2630...2800	0,88...0,92	0,21...0,23
Биринҷӣ	8800...9100	0,38	0,04...0,112
Об (дар хати сершавӣ):			
0°C	999,8	4,237	0,000551
10°C	999,7	4,212	0,000575
20°C	998,3	4,204	0,000599
30°C	995,7	4,199	0,000618
40°C	992,26	4,199	0,000634
60°C	983,19	4,204	0,000659
80°C	971,63	4,216	0,000674
100°C	958,13	4,229	0,000683
Латунь	8500...8600	0,38...0,39	0,098...0,116
Мис	8300...8900	0,39...0,394	0,35...0,465
Пӯлоди карбондор	7811...7830	0,46...0,48	0,0465...0,0525
Пӯлоди легирони- дашуда	7700...7950	0,46...0,50	0,018...0,029
Шиша	2400...2800	0,67...0,835	0,00058...0,00093
Чӯян	7220...7250	0,46...0,54	0,025...0,05

**ДОНИШГОҲИ ТЕХНОЛОГИИ ТОҶИКИСТОН
ФАКУЛТАИ МУҲАНДИСӢ-ТЕХНОЛОГӢ
КАФЕДРАИ МОШИН ВА ТАҶҲИЗОТИ ИСТЕҲСОЛИ
ХӢРОКА**



**БАРНОМАИ КОРӢ
(SYLLABUS)**

аз фанни «**ТЕХНИКАИ ГАРМО**»

барои донишчӯёни бахши 2 – и ихтисоси

1- 36 09 01 – «Мошинҳо ва дастгоҳҳои истеҳсоли маводи
хӯрока»

Ҳамагӣ:	2 кредит (30 соат)		
Дарсҳои лексионӣ:	1 кредит (15 соат)	Бахши:	2
Дарсҳои амалӣ:	1 кредит (15 соат)	Нимсолаи:	4
Корҳои мустақилона:	4 кредит (60 соат)	Имтиҳон:	4

Силлабус (барномаи корӣ барои донишҷӯён) дар асоси стандартҳои давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон оид ба таҳсилоти олии касбӣ, ки онро вазорати Маорифи Ҷумҳурии Тоҷикистон соли 2009 тасдиқ намудааст, таҳия шудааст.

Барномаи мазкур дар чаласаи кафедраи Мошин ва таҷҳизоти истеҳсоли хӯрокаи ДТТ муҳокима ва тасдиқ гардидааст.

Суратмаҷлиси № _____ аз «___» _____ 2011 сол
Муdiri кафедра _____ Чиркина Т.В.

Мувофиқа карда шуд:

Декани факултаи муҳандисӣ-технологӣ _____
Курбонов Ф.Б.

Шӯрои илмию методии ДТТ тасдиқ намуд.

Суратмаҷлиси № _____ аз «___» _____ 2011 сол

Раиси ШИМ-и ДТТ _____ Тошматов М.Н.

Маълумоти умумӣ оид ба омӯзгор: **Ҳабибов Абдурахмон Ҳакимбоевич**

Дараҷа ва унвони илмӣ – муаллими калон, ҷойи кор –
Донишгоҳи технологии Тоҷикистон

Офис: кафедраи Мошин ва таҷҳизоти истеҳсоли хӯрока
Суроға: 734061, ҚТ, ш.Душанбе, кӯчаи Н.Қаробоев 63/3,
Донишгоҳи технологии Тоҷикистон, кафедраи «Мошин ва таҷҳизоти истеҳсоли хӯрока», бинои 4-ум ошёнаи 2-юм, хучраи 4/217, тел. (8-342) 234 59 13.

А	Номи фан				Рақами курс
	Техникаи гармо				
Забони таълим	Шакли назорати ниҳой	Ному насаби омузгорон			Микдори кредитҳо
		Ҳабибов А.Ҳ. Дарси лексионӣ ва амалӣ			
Тоҷикӣ, русӣ	Имтиҳон				Семестри 4 – 2 кр
Намуди фан	Сол ва нимсолаи таҳсил	Рӯзҳо, вақт ва ҷои гузаронидани дарсҳо			
		Рӯз, ҳафта	Вақт	Ҷои	Намуди дарс
Интиҳобӣ	Сол – 2, Нимсолаи 4				
		Мувофиқи қадвали машғулиятҳо			

Б	Мақсад ва вазифаи курс
Мақсад: Дорон донишҳои назариявӣ ва маҳорат оиди усулҳои истеҳсол, табaddул, нақлкунӣ ва истифодаи оқилонаи гармӣ дар саноати ҳӯрокворӣ, сарфаи гармӣ ва сӯзишворӣ, истифодаи самаранокӣ таҷҳизоти гармивӣ шудан	
Вазифа: ташаққули: дониш оиди асосҳои табaddулоти нерӯ, қонунҳои термодинамика ва мубодилаи гармӣ-массаӣ, равандҳо ва даврҳои термодинамикӣ, сарфаи нерӯ, тарзи кор ва ҳисоби дастгоҳҳои гармивӣ, маҷмуъҳои таъминоти гармӣ; маҳорати ҳисобкунии ҳолати ҷисмҳои корӣ, равандҳои мубодилаи гармӣ, интиҳоби оқилонаи маҷмуи таъминоти гармӣ, табaddул ва истифодаи энергия	

В	Самтнокии фан, фанҳои пешакӣ, шарҳи мухтасар
Самтнокии фан: <i>Курси мазкури барои тайёр намудани бакалаврони ихтисоси 1-360901 «Мошин ва дастгоҳҳои истеҳсоли маводи хӯрока» пешниҳод мешавад.</i>	
Фанҳои пешакӣ (рӯйхати фанҳои дигар, ки барои омӯхтани фанни мазкур лозиманд): <i>Барои омӯхтани фанни мазкур дониши курсҳои 1-ум ва 2-юм, инчунин омӯзиши фанҳои Математика, Физика, Гидравлика, Кимиё зарур аст.</i>	
Шарҳи мухтасари фан: <i>Фанни «Техникаи гармо» усулҳои истеҳсол, нақлкунӣ, табaddул ва истифодаи гармиро меомӯзад ва аз қисмҳои асосии зерин иборат мебошад: термодинамикаи техникӣ, назария ва дастгоҳҳои мубодилаи гармӣ, истифодаи саноатии гармӣ.</i>	

Г	Маводи таълимӣ-методӣ аз фан
	Адабиёти асосӣ
1.	Теплотехника. /Под ред. В.И. Крутова. – М.: Машиностроение, 1986.
2.	Апальков А.Ф. Теплотехника. – Ростов-на-Дону: «Феникс», 2008.
3.	Лариков Н.Н. Теплотехника: Учебник для вузов. -3-е изд., перераб. и дополн.-М.; Стройиздат, 1985 -432 с.ил.
4.	Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача. -М.; Высшая школа, 1969 -560с.
5.	Г.П. Панкратов. Сборник задач по теплотехнике. – М.: «Высшая школа», 1986.
6.	Теплотехника: Учеб. для вузов/ А.П. Баскаков, Б.В. Берг, О.К. Витт и др.; Под ред. А. П. Баскакова,—2-е изд., перераб. — М.: Энергоатомиздат, 1991.

Адабиёти иловагӣ	
7.	Луканин В.Н., Шатров М.Г., Камфер Г.М. и др. Теплотехника: Учебник для вузов. -М.; Высш.шк., 1999.-671 с.ил.
8.	Кудинов В.А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика. -М.; Высш.шк., 2000. -261 с.ил.
9.	Тихомиров К.В. Теплотехника, теплоснабжение и вентиляция. -М.; Стройиздат, 1981-248с.
10.	Теплоснабжение /Под ред. Ионина -М.; Стройиздат, 1982.
11.	Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. -М.; Энергия, 1977.
12.	Сб. задач по технической термодинамике /Андрианов Т.А., Дзампов Б.В. и др. -М.; 1971.
12.	Краснощеков Е.А., Сухомел А.С. Задачник по теплопередаче. -М.; 1975.
13.	Китобхонаи электронӣ

Х а ф т а	С о д	Машғулиятҳои лексиявӣ, амалӣ ва озмоишӣ, мундариҷа, микдори соатҳо	Адабиёт
		Ҳафтаҳои таҳсили марҳилаи 1	
1	1	Лексияи 1. Муқаддима. Мафҳумҳои асосӣ	2 /4-8/ 3 /6-21/
	1	Дарси амалӣ 1. Муайян кардани параметрҳои асосии ҳолат	5 /5-12/
2	1	Лексияи 2. Қонуни якуми термодинамика.	2 /8-15/ 3 /21-32/
	1	Дарси амалӣ 2. Ҳисоб намудани қори фишор ва васеъшавии ҳисм	5 /12-15/
3	1	Лексияи 3. Қонуни дуҷуми термодинамика.	2 /30-37/ 3 /49-62/
	1	Дарси амалӣ 3. Мафҳуми энтропия ва Т-s-диаграмма	5 /15-22/
4	1	Лексияи 4. Равандҳои термодинамикӣ.	2 /37-52/ 3 /32-49/

	1	Дарси амалӣ 4. Муайян кардани параметрҳои равандҳои термодинамикӣ.	5 /34-38/
5	1	Лексияи 5. Буги обӣ.	2 /89-101/ 3 /71-102/
	1	Дарси амалӣ 5. Муайян кардани параметрҳои равандҳои бугҳосилшавӣ	5 /45-53/
6	1	Лексияи 6. Даврҳои термодинамикӣ.	2 /62-89/ 3 /121-179/
	1	Дарси амалӣ 6. Таҳлили даврҳои термодинамикӣ.	5 /38-45/
Маълумоти мухтасар дар бораи мавзӯҳо Мавзӯи 1. Муқаддима. Мафҳумҳои асосӣ. Мақсад ва вазифаҳои омӯзиши фан. Термодинамикаи техникӣ. Қисми қорӣ. Параметрҳои асосии ҳолат. Ҳаҷми ҳос, ҳарорат ва фишор. Муодилаи умулӣ ҳолат. Гармигунҷоиш. Мавзӯи 2. Қонуни якуми термодинамика. Гармӣ ва қор. Энергияи дохилӣ. Қонуни якуми термодинамикӣ: қоидаҳо, ифодаи таҳлилӣ ва формулаи тафриқавӣ. Мавзӯи 3. Қонуни дуҷуми термодинамика. Мавқеъҳои асосии қонуни дуҷуми термодинамика. Энтропия. Давр ва теоремаи Карно. Мавзӯи 4. Равандҳои термодинамикӣ. Равандҳои тағйироти ҳолати газҳо ва тасвири онҳо дар диаграммаҳо, усулҳои тадқиқоти онҳо. Равандҳои изохорӣ, изобарӣ, изотермӣ, адиабатӣ ва политропӣ. Мавзӯи 5. Буги обӣ. Газҳои воқеӣ, муодилаи ҳолати гази воқеӣ. Равандҳои бугҳосилшавӣ. Буги обӣ ва параметрҳои он, усулҳои муайянкунии онҳо. Мавзӯи 6. Даврҳои термодинамикӣ. Даврҳои муҳаррикҳои дарунсӯз. Даврҳои дастгоҳҳои газотурбинӣ. Даври компресорӣ идеалӣ.			

Саволҳо:

1. Техникаи гармо чиро меомӯзад? Истифодаи гармӣ дар са-
ноат.
2. Мафҳумҳои системаи термодинамикӣ, ҷисми корӣ, раванди термодинамикӣ.
3. Параметрҳои ҳолати ҷисми корӣ. Вобастагии онҳо. Воҳидҳои ҷенкунӣ.
4. Фишор. Усулҳои ҷенкунӣ. Воҳидҳои ҷенкунӣ. Фишори мутлақ.
5. Ҳарорати термодинамикӣ. Сифри мутлақ. Вобастагии ҷадвали ҳароратии Келвин ва Селсий.
6. Муодилаи ҳолати гази барои 1 кг ва вазни дилҳои он. Воҳидҳои ҷенкунӣ ва тавсифи бузургҳои таркибии ин муодила.
7. Доимии гази хос ва универсалӣ. Вобастагӣ байни онҳо.
8. Энергияи дохилӣ ҳамчун функсияи ҳолати ҷисми корӣ.
9. Гармӣ ва кори раванди термодинамикӣ. Воҳиди ҷенкунии онҳо.
10. Таърифоти қонуни якуми термодинамика. Ифодаи математикии он.
11. Гармигунҷоиш чист? Намудҳои гармигунҷоиш ва воҳидҳои ҷенкунии онҳо.
12. Гармигунҷоиши изохорӣ ва изобарӣ. Қонуни Майер.
13. Гази идеалӣ чист? Муодилаи умумии ҳолати гази идеалӣ.
14. Омехтаҳои газӣ. Фишори ҷузъӣ. Қонуни Далтон.
15. Муодилаи ҳолати омехтаҳои газӣ. Муайян намудани бузургҳои ин муодила.
16. Энтропия чист? Тағйироти энтропия чӣ хел муайян карда мешавад?
17. Моҳияти қонуни дуюми термодинамика ва таърифоти он.
18. Даври термодинамикӣ чист? Даври рӯста ва баръакси Карно.
19. Зариби кори ғоиданоки даврҳои термодинамикӣ.
20. Моҳияти тадқиқоти равандҳои термодинамикии ҷисми дилҳо.

21. Равандҳои асосии газии идеалиро дар P, v ва T, s – диаграммаҳо тасвир намоед ва онҳоро тавсиф диҳед.
22. Нишондиҳандаи политропа дар равандҳои термодинамикӣ чӣ ҳел тағйир меёбад?
23. Параметрҳои асосӣ дар равандҳои термодинамикӣ чӣ ҳел алоқамандӣ доранд?
24. Тағйироти энтропия ва қор дар равандҳои термодинамикӣ.
25. Фарқи газии идеалӣ аз газии воқеӣ. Муодилаи ҳолати газии воқеӣ.
26. Таъиноти буғи обӣ. Хосиятҳои термодинамикии об ва буғ.
27. Раванди буғҳосилшавиро дар Pv - диаграммаҳо тасвир намоед. Нуқтаи К чиро мефаҳмонад?
28. Дараҷаи хушкӣ чист?
29. Ҳавои нам ва параметрҳои он.
30. Мошинҳои гармӣ. Таснифи онҳо.
31. Тарзи қори муҳаррики дарунсӯз.
32. Даврҳои муҳаррикҳои дарунсӯз.
33. Тарзи қори дастгоҳҳои газутурбинӣ.
34. Тавсифоти умумии дастгоҳҳои газутурбинӣ.
35. Даври Ренкин. Тарзи қори дастгоҳҳои буғутурбинӣ.
36. Фарқияти асосии даври хунуккунӣ аз даври муҳаррикҳои гармӣ.

Тестҳо:

1. Намудҳои фишорро муайян намоед.

- а) мутлақ, изофавӣ, вакуумӣ, атмосферӣ
- б) нисбӣ, изофавӣ, ноқофӣ, биосферӣ
- в) нисбӣ, атмосферӣ, ноқофӣ, **тропосферӣ**
- г) мутлақ, ноқофӣ, атмосферӣ, биосферӣ
- д) атмосферӣ, ноқофӣ, вакуумӣ

2. Воҳиди ченкунии фишор чист?

- а) Па
- б) Н
- в) $N \cdot m$
- г) N/m
- д) $Pa \cdot s$

3. Дараҷаи гармии ҷисмро чӣ тавсиф мекунад?
- а) миқдори гармӣ
 - б) гармигунҷош
 - в) ҳарорат
 - г) энергия
 - д) фишор
4. Воҳиди ҷенкунии ҳарорат чист?
- а) Паскал
 - б) Карно
 - в) Ҷоул
 - г) Келвин
 - д) Нютон
5. Вобастагии ҷадвалҳои ҳароратии Келвин ва Селсийро муайян намоед.
- а) $T = 273,15 - t$
 - б) $T = t - 273,15$
 - в) $T = t/273,15$
 - г) $T = t + 273,15$
 - д) $T = t * 273,15$
6. Муодилаи ҳолати термодинамикӣ чӣ намуд дорад?
- а) $f(p, v, t) = R$
 - б) $f(p, v, t) = 1$
 - в) $f(p, v, t) = 0$
 - г) $f(p, v, t) = f(x, y, z)$
 - д) $f(p, v, t) = e$
7. Қонуниятҳои табaddули дутарафаи гармӣ ва қорро чӣ меомӯзад?
- а) гидродинамика
 - б) термодинамикаи техникӣ
 - в) таъминоти гармӣ
 - г) назарияи мубодилаи гармӣ

8. Энергия аз як ҷисм ба ҷисми дигар бо ду усул мегузарад. Муайян намоед.
- а) иҷрои кор ва табаддули масса
 - б) табаддули масса ва гузариши гармӣ
 - в) гузариши гармӣ ва фишордиҳӣ
 - г) фишордиҳӣ ва табаддули масса
 - д) иҷрои кор ва гузариши гармӣ
9. Микдори гармиро бо кадом воҳид чен мекуанд?
- а) Нютон
 - б) Ватт
 - в) Ҷоул
 - г) Паскал
 - д) Келвин
10. Корро бо кадом воҳид чен мекуанд?
- а) Нютон
 - б) Ватт
 - в) Ҷоул
 - г) Паскал
 - д) Келвин
11. Мувофиқи қонуни якуми термодинамика гармии ба система овардашуда сарф мешавад барои тағироти энергияи система ва:
- а) гарм кардани ҷисм
 - б) мувозинат шудан
 - в) тағир додани ҳолати ҷисм
 - г) иҷрои кор
 - д) талафот ба муҳити атроф
12. Ифодаи қонуни якуми термодинамикаро муайян намоед.
- а) $q = \Delta u + l$
 - б) $\Delta u = q + l$

в) $h = \Delta u + l$

г) $l = u + q$

д) $h = q + l$

13. Микдори гармие, ки барои тағир додани ҳарорати 1 кг модда ба 1 K сарф мешавад:

а) энтропия

б) энталпия

в) гармигунҷоиш

г) ҳарорат

д) селай гармӣ

14. Гармигунҷоиши ҳақиқӣ бо кадом формула муайян карда мешавад?

а) $c = \frac{dQ}{dT}$

б) $c = \frac{C}{m}$

в) $c = \frac{C}{p}$

г) $c = \frac{C}{v}$

д) $c' = \frac{c}{V}$

15. Ифодаи муодилаи Майерро муайян кунед:

а) $c_p - c_v = R$

б) $c_v - c_p = R$

в) $c_v + c_p = R$

г) $c_v * c_p = R$

д) $c_v / c_p = R$

16. Муодилаи умумии ҳолати гази идеалиро муайян намоед:

а) $Pv = RT$

б) $Pv = mRT$

в) $Pv = RT/\mu$

г) $Pv = \text{const}$

д) $P = \text{const}$

17. Фишори умумии омехтаи газҳо ба суммаи фишорҳои чузъии газҳои гуногуни омехтаро тартибдиҳанда баробар мебошад. Ин қоидаи кадом қонун мебошад?

- а) Майер
- б) Менделеев
- в) Далтон
- г) Клапейрон
- д) Чоул

18. Гармӣ ихтиёран аз ҷисми ҳарораташ пасттар ба ҷисми ҳарораташ баландтар гузашта наметавонад. Ин қоидаи:

- а) қонуни якуми термодинамика
- б) қонуни дуюми термодинамика
- в) қонуни сеюми термодинамика
- г) муодилаи ҳолат
- д) қонуни Фик

19. Барои амалӣ гардонидани қори доимии муҳаррикҳои гармӣ ҷисми қорӣ чӣ бояд кунад?

- а) лаппиш
- б) гардиш
- в) сӯзиш
- г) давр
- д) ҷаҳиш

20. Яқумин даври пешниҳодшуда барои муҳаррикҳои гармӣ кадом давр мебошад?

- а) Ломоносов
- б) Менделеев
- в) Клапейрон
- г) Карно
- д) Стирлинг

21. Воҳиди ҷенкунии энтропияро муайян кунед.

- а) Д/кг

- б) $Ч/К$
- в) $Ч/км$
- г) $Ч/соат$

22. Самаранокии даврҳои термодинамикиро кадом бузургӣ ифода мекунад?

- а) зариби кори ғоиданок
- б) зариби хоси сӯзиш
- в) гармигунҷоиш
- г) миқдори гармӣ
- д) ҳарорати сӯзиш

23. Муодилаи Ван-дер-Ваалс ин муодилаи ҳолати чӣ ҳел газ мебошад?

- а) идеалӣ
- б) воқеӣ
- в) омехтаи газҳои идеалӣ
- г) омехтаи газҳои воқеӣ
- д) материалӣ

24. Гази идеалӣ гуфта чӣ ҳел нуқтаҳо мегӯянд?

- а) биологӣ
- б) геометрӣ
- в) математикӣ
- г) физикӣ

25. Ҳиссаи массавии буғи сери хушкро дар буғи нам чӣ мегӯянд?

- а) намнокӣ
- б) энталпия
- в) дараҷаи хушкӣ
- г) дараҷаи серӣ
- д) дараҷаи намӣ

26. Дар диаграммаи бугҳосилшавӣ нуқтаи К чӣ ҳел нуқта мебошад?

- а) серӣ
- б) бўҳронӣ
- в) максималӣ
- г) назоратӣ

27. Миқдори бугҳои обие, ки дар таркиби 1м^3 ҳавои нам мавҷуд аст, чист?

- а) зичӣ
- б) намидороият
- в) намнокӣ
- г) дараҷаи намӣ
- д) дараҷаи хушкӣ

Мавзӯҳои кори мустақилона:

1. Муодилаҳои ҳолати газ.
2. Газҳои идеалӣ ва воқеӣ.
3. Даврҳои Карно
4. Таҳлили равандҳои термодинамикӣ
5. Раванди бугҳосилшавӣ
6. Насоси гармидиҳанда
7. Ҳисоб намудани гармивазкунаки қубур дар қубур (мувофиқи супориши омӯзгор)

7.	Назорати марҳилавии якум	Меъёр хонҳо	Холҳои воқеӣ
	1. Иштирок дар машғулиятҳо	0-25	
	2. Мавҷудияти конспекти лексияҳо ва дафтари амалӣ	0-25	
	3. Ҳимояи корҳои амалӣ	0-30	
	4. Иҷроиши корҳои мустақилона	0-20	
	5. Санҷиши дониш	0-38	
	6. Ҷамъ	0-138	
	Ҳафтаҳои таҳсили марҳилаи 2		

8	1	Лексияи 7. Асосҳои назарияи мубодилаи гармӣ.	2 /106-110/
	1	Дарси амалӣ 7. Ҳисоби гармивии дастгоҳҳо.	5 /62-66/
9	1	Лексияи 8. Гармигузаронӣ.	2 /110-117/ 3 /210-223/
	1	Дарси амалӣ 8. Ҳисоб намудани зариби гармигузаронӣ.	5 /66-72/
10	1	Лексияи 9. Конвексия.	2 /117-127/ 3 /223-262/
	1	Дарси амалӣ 9. Ҳисоб кардани зариби гармидиҳӣ.	5 /72-84/
11	1	Лексияи 10. Намудҳои мураккаби мубодилаи гармӣ.	2 /127-140/ 3 /274-282/
	1	Дарси амалӣ 10. Ҳисоб кардани зариби гармигузарӣ.	5 /84-91/
12	1	Лексияи 11. Гармиивазкунакҳо.	2 /140-146/ 3 /282-294/
	1	Дарси амалӣ 11. Ҳисоби гармиивазкунакҳо.	5 /91-95/
13	1	Лексияи 12. Сӯзишвории энергетикӣ.	6 /118-126/
	1	Дарси амалӣ 12. Муайян кардани гармии сӯзиш	5 /91-95/

Маълумоти мухтасар дар бораи мавзӯҳо

Мавзӯи 7. Асосҳои назарияи мубодилаи гармӣ.

Асосҳои назариявии мубодилаи гармӣ. Намудҳои мубодилаи гармӣ. Қонунҳои асосии афканишот

Мавзӯи 8. Гармигузаронӣ.

Мубодилаи гармии гармигузаронӣ. Мафҳумҳои асосӣ. Қонуни Фурье.

Мавзӯи 9. Конвексия.

Мубодилаи гармии конвективӣ. Мафҳумҳои асосӣ. Қонуни Нютон-Рихман.

Мавзӯи 10. Намудҳои мураккаби мубодилаи гармӣ.

Мубодилаи гармии мураккаб. Зариби гармигузарӣ. Гарминигохдорандаҳо.

Мавзӯи 11. Гармиивазкунакҳо.

Таъинот, тасниф ва тарзи кори дастгоҳҳои мубодилаи гармӣ. Принсипҳои ҳисоби дастгоҳҳои мубодилаи гармӣ.

Мавзӯи 12. Сӯзишвории энергетикӣ.

Намудҳои сӯзишворӣ. Таркиби сӯзишворӣ. Тавсифи сӯзишвориҳо. Гармии сӯзиш.

Саволҳо:

1. Назарияи мубодилаи гармӣ чиро меомӯзад?
2. Намудҳои паҳншавии гармӣ
3. Мафҳумҳои асосии назарияи мубодилаи гармӣ.
4. Гармигузаронӣ чист?
5. Конвексия чист?
6. Афканишоти гармӣ.
7. Мубодилаи гармии мураккаб.
8. Гармигузаронӣ чӣ ҳел ҳодиса мебошад?
9. Сатҳи изотермӣ чист?
10. Градиенти ҳарорат чист?
11. Селаи гармӣ чист?
12. Гармигузаронӣ аз ҷиҳати вобаста аст?
13. Мубодилаи Фурьеро нависед.
14. Қоидаи қонуни Фурье.

15. Ифодаи селай гармиро барои девори ҳамвори якчинса нависед.
16. Ифодаи селай гармиро барои девори ҳамвори бисёрқабата нависед.
17. Ифодаи селай гармиро барои девори устуванавии якчинса нависед.
18. Ифодаи селай гармиро барои девори устуванавии бисёрқабата нависед.
19. Ифодаи селай гармиро барои девори куравӣ нависед.
20. Конвексияи табиӣ ва маҷбурӣ чист?
21. Мубодилаи гармии конвективӣ чист?
22. Кадом омилҳо ба раванди гармидиҳӣ таъсир мерасонанд?
23. Қонуни асосии гармидиҳӣ.
24. Ифодаи қонуни Нютон-Рихман.
25. Зариби гармидиҳӣ чист ва воҳиди ченкунии онро муайян намоед?
26. Зариби гармидиҳӣ аз чӣ вобастагӣ дорад?
27. Усулҳои муайян намудани зариби гармидиҳӣ.
28. Моҳияти назарияи монандӣ.
29. Теоремаҳои монандӣ.
30. Меъёри Нусселт чиро тавсиф медиҳад?
31. Муодилаи меъёрӣ чист?
32. Формулаҳои ҳисобии мубодилаи гармии конвективӣ.
33. Гармигузариш чист?
34. Гармигузариш аз девори ҳамвор.
35. Муодилаи асосии гармигузариш.
36. Муқовимати гармивии гармигузариш.
37. Зариби гармигузариш ва воҳиди он.
38. Муодилаи гармигузариш барои девори бисёрқабата.
39. Гармигузариш тавассути девори устуванавӣ.
40. Дастгоҳҳои гармиивазкунӣ ва таснифи онҳо.
41. Дастгоҳҳои регенеративӣ.
42. Дастгоҳҳои омезишӣ.
43. Дастгоҳҳои рекуперативӣ.

44. Нақшаи асосии ҳаракати моеъ дар дастгоҳҳои гармиивазкунӣ.
45. Мақсади ҳисоби дастгоҳҳои гармиивазкунӣ.
46. Намудҳои сӯзишворӣ.
47. Сӯзишвориҳои узвӣ ва таснифи он.
48. Таркиби сӯзишвории саҳт ва моеъ.
49. Таркиби сӯзишвории газӣ.
50. Тавсифи массаи кории сӯзишворӣ.
51. Тавсифи массаи хушки сӯзишворӣ.
52. Тавсифи массаи сӯзандаи сӯзишворӣ.
53. Тавсифи массаи узвии сӯзишворӣ.
54. Намнокии сӯзишворӣ.
55. Гармии сӯзиши сӯзишворӣ.
56. Хокистари сӯзишворӣ.
57. Сӯзишвории моторӣ барои муҳаррикҳои дарунсӯз.

Тестҳо:

1. Назарияи мубодилаи гармӣ равандҳои паҳншавии гармиро дар кадом ҷисмҳо меомӯзад?
 - а) саҳт ва моеъ
 - б) саҳт ва газӣ
 - в) моеъ ва газӣ
 - г) саҳт, моеъ ва газӣ
2. Раванди молекулавии гузариши гармиро чӣ меноманд?
 - а) гармигузаронӣ
 - б) конвексия
 - в) афканишот
 - г) гармидиҳӣ
 - д) гармигузарӣ
3. Раванди гузариши гармӣ ҳангоми ҳаракат ва омезиш чӣ ном дорад?
 - а) гармигузаронӣ
 - б) конвексия
 - в) афканишот

- г) гармидиҳӣ
- д) гармигузарӣ

4. Раванди гузариши гармиро дар шакли мавҷҳои электромагнитӣ чӣ меноманд?

- а) гармигузаронӣ
- б) конвексия
- в) афканишот
- г) гармидиҳӣ
- д) гармигузарӣ

5. Раванди мубодилаи гармӣ байни селайи моеъ ё газ ва сатҳи ҷисми сахт чист?

- а) гармигузаронӣ
- б) конвексия
- в) афканишот
- г) гармидиҳӣ
- д) гармигузарӣ

6. Раванди мубодилаи гармӣ байни ду муҳит тавассути девори онҳоро ҷудокунанда чист?

- а) гармигузаронӣ
- б) конвексия
- в) афканишот
- г) гармидиҳӣ
- д) гармигузарӣ

7. Маҷмӯи қиматҳои ҳарорат дар лаҳзаи муайяни вақт барои ҳама нуқтаҳои фазои омӯхташаванда чист?

- а) майдони ҳароратӣ
- б) сатҳи изотермӣ
- в) градиенти ҳарорат
- г) селайи гармӣ
- д) зичии селайи гармӣ

8. Сатҳи ҷисми ҳарорати якхела доштаро чӣ меноманд?

- а) майдони ҳароратӣ
- б) сатҳи изотермӣ
- в) градиенти ҳарорат
- г) селай гармӣ
- д) зичии селай гармӣ

9. Худуди нисбати тағйироти ҳарорат ба масофаи байни изотермаҳо дар самти нормалро хангоми ба сифр майл кардани он, чӣ меноманд?

- а) майдони ҳароратӣ
- б) сатҳи изотермӣ
- в) градиенти ҳарорат
- г) селай гармӣ
- д) зичии селай гармӣ

10. Миқдори гармии аз сатҳи изотермӣ дар воҳиди вақт гузаранда чист?

- а) майдони ҳароратӣ
- б) сатҳи изотермӣ
- в) градиенти ҳарорат
- г) селай гармӣ
- д) зичии селай гармӣ

11. Селай гармии аз воҳиди масоҳат гузарандаро чӣ меноманд?

- а) майдони ҳароратӣ
- б) сатҳи изотермӣ
- в) градиенти ҳарорат
- г) селай гармӣ
- д) зичии селай гармӣ

12. Ифодаи қонуни Фурйеро муайян намоед:

- а) $Q = -\lambda \cdot F \cdot \partial t / \partial n$
- б) $Q = \alpha \cdot (t_d - t_m) \cdot F$
- в) $\text{grad} t = \partial t / \partial n$
- г) $Q = F \cdot K \cdot (t_m' - t_m'')$

д) $d^2Q_n = dQ_n \cdot d\omega \cdot \cos\varphi$

13. Дар формулаи $Q = -\lambda \cdot F \cdot \frac{\partial t}{\partial n}$ ҳарфи λ чиро мефаҳмонад?

- а) зариби соиш
- б) зариби гармигузаронӣ
- в) градиенти ҳарорат
- г) зариби гармидиҳӣ
- д) дарозии мавҷ

14. Зариби гармигузаронӣ аз ҷиҳе вобаста аст?

- а) ҷинси модда
- б) массаи модда
- в) фишор
- г) ҳарорат
- д) ҳаҷм

15. Ифодаи қонуни Нютон-Рихманро муайян намоед:

- а) $Q = -\lambda \cdot F \cdot \frac{\partial t}{\partial n}$
- б) $Q = \alpha \cdot (t_d - t_m) \cdot F$
- в) $grad t = \frac{\partial t}{\partial n} n_0$
- г) $Q = F \cdot K \cdot (t'_m - t''_m)$
- д) $d^2Q_n = dQ_n \cdot d\omega \cdot \cos\varphi$

16. Микдори гармии бо тарзи гармидиҳӣ гузаранда ба фарқи ҳарорати сатҳи ҷисм ва муҳити атроф мутаносиби рошта мебошад:

- а) қонуни Фурье
- б) қонуни Нютон-Рихман
- в) қонуни Кирхгофф
- г) қонуни Стефан-Болтсман
- д) қонуни Ҷоул

17. Дар формулаи $Q = \alpha \cdot (t_d - t_m) \cdot F$ ҳарфи α чиро ифода мекунад?

- а) зариби гармигунҷоиш

- б) зариби гармигузаронӣ
- в) зариби ҳароратгузаронӣ
- г) зариби гармидихӣ
- д) зариби гармигузариш

18. Воҳиди зариби гармидихиро муайян намоед:

- а) Вт/К
- б) Вт/(м К)
- в) Вт/(м²К)
- г) Вт·м/К
- д) Вт·м²/К

19. Зариби гармидихӣ аз кадом омилҳо вобаста аст?

- а) табиати пайдошавии ҳаракат
- б) реҷаи ҳаракат
- в) ҳосиятҳои физикӣ
- г) ҳосиятҳои механикӣ
- д) шакли сатҳ

20. Дар муодилаи $Q = F \cdot K \cdot (t'_m - t''_m)$ ҳарфи К чиро ифода мекунад?

- а) зариби гармигунҷоиш
- б) зариби гармигузаронӣ
- в) зариби ҳароратгузаронӣ
- г) зариби гармидихӣ
- д) зариби гармигузариш

21. Воҳиди зариби гармигузаришро муайян намоед:

- а) Вт/К
- б) Вт/(м·К)
- в) Вт/(м²·К)
- г) Вт·м/К
- д) Вт·м²/К

22. Бузургии баръакси зариби гармигузариш чист?

- а) суръат

- б) шиддат
- в) чараён
- г) муқовимат
- д) села

23. Дастгоҳҳое, ки дар он як муҳит гармиро ба муҳити дигар медиҳад:

- а) дастгоҳҳои энергетикӣ
- б) дастгоҳҳои массаивазкунӣ
- в) дастгоҳҳои гармиивазкунӣ
- г) муҳаррикҳои дарунсӯз
- д) дастгоҳҳои газутурбинӣ

24. Намудҳои дастгоҳҳои гармиивазкунӣ:

- а) дастгоҳҳои реаниматсионӣ
- б) дастгоҳҳои регенеративӣ
- в) дастгоҳҳои омезишӣ
- г) дастгоҳҳои рекуперативӣ
- д) дастгоҳҳои газутурбинӣ

25. Таснифи дастгоҳҳои гармиивазкунӣ аз рӯи таъинот:

- а) гармсоз, хунуксоз, таркомсоз
- б) давриамалкунанда, доимиамалкунанда
- в) кубурӣ ва сахфавӣ
- г) бо чараёни салибӣ, ҳамсамт, муқобилсамт
- д) регенеративӣ, рекуперативӣ

26. Ба сӯзишвории узвӣ дохил мешаванд:

- а) торф, гази табиӣ, нафт
- б) ангиштсанг, плутоний, гази табиӣ
- в) уран, торф, нафт
- г) гази табиӣ, плутоний, ангиштсанг
- д) нафт, уран, ангиштсанг

27. Ба унсурҳои сӯзандаи сӯзишворӣ мансубанд:

- а) нитроген, гидроген, оксиген

- б) оксиген, карбон, сулфур
- в) гидроген, нитроген, сулфур
- г) карбон, оксиген, нитроген
- д) сулфур, карбон, гидроген

28. Намнокии миёнаи ангиштсанг чанд фоизро ташкил медиҳад?

- а) 3-7
- б) 5-14
- в) 10-24
- г) 15-32
- д) 23-40

29. Нишондиҳандаи асосии сӯзишвориҳо чист?

- а) намнокӣ
- б) гармии сӯзиш
- в) хокистарнокӣ
- г) ҳарорати сӯзиш
- д) ҳарорати гудозиш

30. Миқдори гармие, ки ҳангоми пурра сӯхтани воҳиди масса ё ҳаҷми сӯзишворӣ дастрас мешавад, чӣ ном дорад?

- а) гармиғунҷоиш
- б) гармии сӯзиш
- в) гармигузаронӣ
- г) ҳарорати сӯзиш
- д) ҳарорати гудозиш

Мавзӯҳои кори мустақилона:

1. Энергияи афканишот
2. Зариби гармигузарони
3. Муодилаҳои меъёри
4. Гармигузарини
5. Истифодаи адотҳои гармивӣ дар саноат
6. Тозакунии ҳавои биноҳо

7. Ҳисоби гармивии дастгоҳи бугҳосилкунанда (мувофиқи супориши омӯзгор)

1 4		Назорати марҳилавии дуум	Меъё р холҳо	Хол ҳои воқе ӣ
		1. Иштирок дар машғулиятҳо 2. Мавҷудияти конспекти лексияҳо ва дафтари амалӣ 3. Ҳимояи корҳои амалӣ 4. Иҷроиши корҳои мустақилона 5. Санҷиши дониш 6. Ҷамъ	0-25 0-25 0-30 0-20 0-38 0-138	
		Ҳафтаҳои таҳсили марҳилаи 3		
1 5	1	Лексияи 13. Дегҳои саноатӣ.	1 /77-96/ 3 /370-400/	
	1	Дарси амалӣ 13. Мувозии гармии дегҳо.	5 /95-102/	
1 6	2	Лексияи 14. Таъминоти корхона бо гармӣ.	4 /150-152/ 3 /400-417/	
	1	Дарси амалӣ 14. Ҳисоби талаботи корхона ба гармӣ.	5 /102-108/	
1 7	2	Лексияи 15. Масъалаҳои экологии истифодаи гармӣ.	4 /4-6/ 3 /417-420/	
	1	Дарси амалӣ 15. Ҳисоби КХЧ: максималӣ ва миёна.	5 /108-115/	

Маълумоти мухтасар дар бораи мавзӯҳо

Мавзӯи 13. Дегҳои саноатӣ.

Таснифи дегҳои саноатӣ. Тарзи кори дегҳои обӣ ва бугӣ. Ноқилҳои гармӣ. ЗКФ-и гармивии дегҳо. Ҳисоби гармивии дегҳо.

Мавзӯи 14. Таъминоти корхона бо гармӣ.

Маҷмааи таъминоти гармӣ, гармидиҳӣ, ҳавотозакунӣ, таъминоти оби гарм. Маълумоти умумӣ, таснифи маҷмааи гармидиҳӣ. Намудҳои ноқилҳои гармии маҷмааи гармидиҳӣ.

Мавзӯи 15. Масъалаҳои экологии истифодаи гармӣ.

Партофтҳо ба атмосфера ва таъсири онҳо ба муҳит. Консен-тратсияи ҳудудӣ-ҷоиҳои партофтҳо: максималӣ ва миёна. Истифодаи полорҳо ва дигар дастгоҳҳо барои тозакунии пар-тофтҳо.

Саволҳо:

1. Таснифи дегҳои саноатӣ.
2. Нақшаи дегҳо бо гирдгашти маҷбурӣ.
3. Ҷузъҳои асосии дегҳо.
4. Таъинот ва тарзи кори бугсӯзонак.
5. Таъинот ва тарзи кори экономайзер.
6. Таъинот ва тарзи кори ҳавогармкунак.
7. Намудҳои дастгоҳҳои ҷудоиш.
8. Намудҳои дастгоҳҳои ҳаводиҳӣ.
9. Намудҳои об дар дег ва тайёр намудани онҳо.
10. Тозакунии дуд ва дуркунии хокистар ва дажгол.
11. Мувозинати гармии дегҳо.
12. Истеъмолгарони гармӣ дар корхона.
13. Талаботи асосӣ ба таъминоти корхона бо гармӣ.
14. Таъминоти марказонидаи гармӣ.
15. Бартарии таъминоти марказонидаи гармӣ.
16. Таъминоти маҳаллии гармӣ.
17. Ҳисоби сарфи гармӣ барои талаботи технологӣ.
18. Ҳисоби сарфи гармӣ барои гармоиш.

19. Ҳисоби сарфи гармӣ барои вентилятсия.
20. Ҳисоби сарфи гармӣ барои таъминот бо оби гарм.
21. Ҳангоми сӯзиш чӣ хел моддаҳо ҳосил мешаванд?
22. Моддаҳои захрноки сӯзиш кадомҳоянд?
23. Таъсироти оксидҳои нитроген ба инсон ва табиат.
24. Таъсироти оксиди карбон ба инсон ва табиат.
25. Таъсироти карбогидрадҳо ба инсон ва табиат.
26. Таъсироти сиёҳӣ ба инсон ва табиат.
27. Таъсироти пайвастаҳои кӯрғошим ва сулфур ба инсон ва табиат.
28. Дороияти ҳудудӣ-қоизии газҳо дар атмосфера.
29. Асари гармхонавӣ чист?
30. Таъсироти CO_2 ба инсон ва табиат.

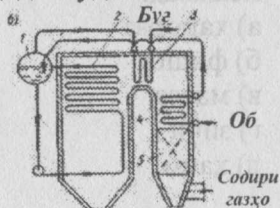
Тестҳо:

1. Аз рӯи тавсифи ташкили ҳаракати ҷисми корӣ дар сатҳи буғшавӣ дегҳо ба чӣ хел намудҳо ҷудо мешаванд:

- а) бо давргардии табиӣ
- б) бо давргардии маҷбурӣ
- в) омехта
- г) муқобилсамта
- д) яксамта

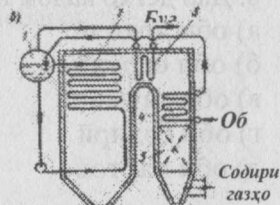
2. Дар расм кадом намуди дег нишон дода шудааст:

- а) бо давргардии табиӣ
- б) бо давргардии маҷбурӣ
- в) омехта
- г) муқобилсамта
- д) яксамта



3. Дар расм маҷеи 3 чӣ мебошад:

- а) устувона
- б) насос
- в) ҳавогармкунак
- г) буғсӯзонак
- д) экономайзер



4. Таъиноти бугсӯзнак:

- а) барои афзоиши фишор ва ҳарорати буг
- б) сӯзиши сӯзишворӣ
- в) гармоиши пешакии об
- г) гармоиши ҳаво
- д) бухор кардани об

5. Таъиноти экономайзер:

- а) барои афзоиши фишор ва ҳарорати буг
- б) сӯзиши сӯзишворӣ
- в) гармоиши пешакии об
- г) гармоиши ҳаво
- д) бухор кардани об

6. Таъиноти дастгоҳҳои ҷудоиши дегҳо:

- а) ҷудоиши ғашҳои оби дегӣ
- б) ҷудоиши қатраҳои об аз буг
- в) ҷудоиши қатраҳои об аз ҳаво
- г) ҷудоиши намакҳои об
- д) ҷудоиши моддаҳои минералӣ

7. Ҷудоиши табиӣ дар натиҷаи фарқи кадом бузургӣ амалӣ мешавад:

- а) ҳарорат
- б) фишор
- в) масса
- г) зичӣ
- д) ҳаҷм

8. Дар дегҳо кадом намудҳои об вомехӯранд:

- а) оби дохилӣ
- б) оби берунӣ
- в) оби таъминӣ
- г) оби содирӣ
- д) оби партов

9. Дудҳои ҳосилшударо дар кадом дастгоҳҳо тоза меку-
нанд:

- а) тозакунии марбут
- б) полорҳои барқӣ
- в) ҷудоиши аксуламал
- г) полор-мангана
- д) ҷудоиши ҷозибавӣ

10. Дар формулаи мувозии гармии деГ

$Q^x_{\text{и}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6$, $Q^x_{\text{и}}$ чиро ифода мекунад:

- а) талафоти гармӣ ба муҳити атроф
- б) гармии истифодашуда
- в) талафоти гармӣ аз сӯзиши нопурра
- г) гармии дар ихтиёрбуда
- д) талафоти гармӣ бо газҳои раванда

11. Таъминоти гармӣ кадом равандҳоро дар бар мегирад?

- а) истеҳсоли нерӯи гармӣ
- б) интиқоли нерӯи гармӣ
- в) фурӯши нерӯи гармӣ
- г) табaddули гармӣ ба кор
- д) тақсимоли сарфаноки гармӣ байни истеъмолгарон.

12. Истеъмолгарони гармӣ дар корхонаҳо:

- а) таҷҳизот ва равандҳои технологӣ
- б) хоҷагиҳои ёрирасон
- в) маҷмааи таъминоти оби гарм
- г) маҷмааи гармидиҳӣ ва ҳавотозакунӣ
- д) кормандони корхона

13. Дар саноат барои равандҳои технологӣ асосан буги
сӯхтаро бо кадом параметр истифода мебаранд?

- а) фишори 0,5 – 1,5 МПа
- б) ҳарорати 65 – 80 °С
- в) фишори 0,5 – 1,5 атм
- г) ҳарорати 65 – 80 К
- д) зичии 50 – 60 кг/м³

14. Дар саноат барои гармоиши биноҳои истехсолӣ ва гармуниии ҳаво барои вентилятсия чиро истифода мебаранд?

- а) буғи сер
- б) буғи носер
- в) оби гарм
- г) намакоб
- д) аммиак

15. Дар корхонаҳои саноати хӯрокворӣ гармӣ аз кучо таъмин мешавад?

- а) марказҳои гармидиҳӣ
- б) буғхонаҳои шахрӣ
- в) буғхонаҳои корхона
- г) аз нерӯи офтоб
- д) аз гармчашмаҳо

16. Таъминоти марказонидаи корхона бо буғ ба кадом масофаи аз ҷиҳати иқтисодӣ асоснок имконпазир мебошад?

- а) то 1 км
- б) то 3 км
- в) то 5 км
- г) то 10 км
- д) то 20 км

17. Таъминоти марказонидаи корхона бо оби гарм ба кадом масофаи аз ҷиҳати иқтисодӣ асоснок имконпазир мебошад?

- а) то 1 км
- б) то 3 км
- в) то 5 км
- г) то 10 км
- д) то 20 км

18. Манбаъҳои асосии партовҳои захрнок:

- а) саноат

- б) ҳайвоноти ваҳшӣ
- в) нақлиёт
- г) нерӯгоҳҳои барқии обӣ
- д) фаъолияти маишӣ инсон

19. Маънои калимаи смог чист?

- а) дуд
- б) чанг
- в) туман
- г) дуд+чанг
- д) дуд+туман

20. Микдори моддаҳои захрнок дар атмосфера бо кадом нишондод санҷида мешавад?

- а) шиддати ҳудудӣ-чузбӣ
- б) ҳарорати ҳудудӣ-чузбӣ
- в) дороияти ҳудудӣ-чузбӣ
- г) массаи ҳудудӣ-чузбӣ
- д) фишори ҳудудӣ-чузбӣ

Мавзӯҳои кори мустақилона:

1. Бухоронӣ
2. Намудҳои махсуси хушккунӣ
3. Масъалаи сарфаи нерӯ

Назорати марҳалавии сеюм			
1 8	Маҳаки ҳолгузорӣ		
		Меъёр ҳо	Ҳолати воқеъ
	1. Иштирок дар машғулиятҳо	0-9	
	2. Мавҷудияти консепти лексияҳо ва дафтарӣ амалӣ	0-9	
	3. Ҳимояи қорҳои амалӣ	0-10	
	4. Иҷрои қорҳои мустақилона	0-12	
	5. Санҷиши дониш	0-49	

	6. Ҷамъ		
Е	Натиҷаҳои назорати марҳилавӣ	Меъёри холҳо	Холҳои воқеӣ
	1. Назорати васатии якум	0- 138	
	2. Назорати васатии дуум	0- 138	
	3. Назорати васатии сеюм	0-49	
	4. Назорати ниҳой	0-251	
	5. Холҳои маъмурий	0-25	
	6. Ҷамъ	0-600	
	7. Баҳо		

Ж	Омили таълим
---	--------------

Силлабусҳо аз ҳар як фанн бояд 5 нусха чоп карда шавад, як нусхаи он ба донишҷӯён барои нусаҳагири дода мешавад. Версияи электронии силлабус ба китобхонаи донишгоҳ пешкаш карда мешавад.

Машғулиятҳои лексионӣ ба таври анъанавӣ ва қисман ба таври мубоҳиса мегузаранд. Чуқуртар назарияи фанро донишҷӯ бояд мустақилона аз худ намояд. Бо ин мақсад ба ихтиёри Шумо конспекти лексияҳо ва рӯйхати адабиёт барои худомӯзӣ пешниҳод мегардад.

Дар машғулиятҳои амалӣ омӯзгор бо донишҷӯён доир ба мавзӯ мисолҳо кор мекунад. Сипас дар ҳамин мавзӯ донишҷӯ бояд супоришҳоро иҷро менамояд. Дар аснои назоратҳои марҳилаи ниҳой омӯзгор иҷрои супоришҳоро таҳлил намуда, қори донишҷӯро бо ҳолҳо баҳогузорӣ мекунад.

Муҳокима ва эълони натиҷаҳои фосилави бояд дар муддати 3-рӯз гузаронида шавад. Ҳар як омӯзгор уҳдадор аст, ки то саршавии назорати фосилавӣ варақаҳои баҳогузорино аз маркази бақайдгири гирад.

Гузаронидани назорати фосилавӣ ҳатман аз рӯи ҷадвал гузаронидашуда рӯзи дигар ба маркази бақайдгири баргардонида шавад. Барои муҳокима ва эълонҳои натиҷаи фосилавӣ ва имзогузори дар силлабусҳо 3-рӯз вақт ҷудо карда мешавад.

Дар ҳолати рози набудани яке аз тарафҳо ба комиссияи апеллатсионӣ бо ариза ба таври ҳаттӣ пешниҳод карда шавад.

Донишҷӯй вазифадор аст, ки кори семестриро дар назди муаллим ҳимоя кунад. Раванди ҳимоя аз он иборат аст, ки донишҷӯй мустақилона рафти ҳалли ҳар як супоришро дар ҳузури муаллим фаҳмонад. Дар ҳолате, ки супориш навишташударо донишҷӯй ҳимоя карда натавонад, ҳолҳои барои кори семестрӣ пешбинишуда кам карда мешаванд. Донишҷӯй инчунин барои иштирок дар дарсҳо ва босаводона тартиб додани консептҳои лексияҳо ҳол гирифта метавонад. Санҷишҳои марҳилавӣ (имтиҳонҳои хурди марҳилавӣ) дар шакли ҳаттӣ иҷро карда мешаванд. Муаллим ҳуқуқ дорад, ки донишҷӯйро ба сӯҳбат даъват намуда, ҳолҳои ниҳии санҷиши марҳилавино ба ӯ гузорад. Ҳамаи супоришҳо аз ин курс бояд дар мӯҳлатҳои муқарраршудаи ҷадвали семестрӣ анҷом дода шаванд. Қорхое, ки дертар аз ин мӯҳлатҳо супорида мешаванд, ҳолҳои нисбатан камтарро ноил мешаванд, ки ба натиҷаҳои ҷамъбастии курс таъсир мекунанд. Дарсшиканиҳо бо сабабҳои узрнок – талоши шуморо барои таълим гирифтани иникос намуда, ҳангоми баҳогузори ба инобат гирифта мешаванд.

Ҳангоми дар синфхона қарор доштани донишҷӯй бояд телефони дастии худро ҳомӯш намояд. Риоя накардани ин қоида маънои талаботи ахлоқиро риоя накарданро дорад.

Низоми баҳогузори (бо холҳо)

дав ра	Маҳаки баҳогузори	Бо ифодаи фоизӣ (аз 600 хол)	холҳои им- компазир, на бештар
	Иштироки фаъолона дар машғулиятҳо (мунтазам навиштани конспект, ҳалли мисолҳои таъҷилӣ, зуҳури худташабусӣ) ҳангоми дарсшиканӣ:	8,3%	0 – 50
I	• 0 соат (1 соат = 50 дақиқа) • то 3 соат • аз 4 то 6 соат • аз 7 ва бештар соат – донишҷуӣ ба коми-сияи экспертии мустақил барои қабул намудани қарор равона карда мешавад.		50 на беш аз 40 на беш аз 20 Комиссияи экспертии мустақил
	Пешакӣ супоридани корҳои семестрӣ ҳангоми пешгузаштан аз вақти супоридани корҳои контролӣ то 3 рӯз ва риояи яке аз шартҳои зерин:	8,3%	0 – 50
	а) иҷрои вазифаҳо бо истифодаи компютер ва ё иҷрои вазифаҳо бо забони хориҷӣ б) тайёр намудани презентатсия дар мавзӯи корҳои семестрии донишҷуӣ		50 50

	Дар вақти муайяншуда супоридани корҳои семестрӣ: ➤ иҷрои вазифаҳо бо истифодаи компютер ва ё иҷрои вазифаҳо бо забони хориҷӣ ва ё тайёр намудани презентатсия дар мавзӯи корҳои семестрии донишҷӯӣ Кафомони аз чадвали супоридани корҳои семестрии донишҷӯӣ: • на бештар аз як руз – натиҷаҳои ба даст овардаи донишҷӯӣ 10 ҳол кам карда мешавад • то 3 руз - натиҷаҳои ба даст овардаи донишҷӯӣ 20 ҳол кам карда мешавад • беш аз 3 руз - донишҷӯӣ ба комиссияи экспертии мустақил барои қабул намудани қарор равона карда мешавад.		на беш аз 40 Холи умумӣ тарҳи 10 Холи умумӣ тарҳи 20 Комиссияи экспертии мустақил
	Назорати фосилавӣ	6,3%	0 – 38
	Холҳои умумии давран яқум	23%	0 – 138
	Иштироки фаёолона дар машғулиятҳо (мунтазам навиштани консепт, ҳалли	8,3%	0 – 50

	мисолҳои таъҷилӣ, зуҳури худташабуссӣ) ҳангоми дарсшиканӣ: 0 соат (1 соат = 50 дақиқа) • то 3 соат • аз 4 то 6 соат • аз 7 ва бештар со- ат – донишҷуй ба ко- мисияи экспертии мустақил барои қабул намудани қарор ра- вона карда мешавад.		50 на беш аз 40 на беш аз 20 Комисияи экспертии мустақил
II	Пешакӣ супоридани корҳои семестрӣ Ҳангоми пешгузаштан аз вақти супоридани корҳои контролӣ то 3 руз ва риояи яке аз шартҳои зерин: а) иҷрои вазифаҳо бо истифодаи компютер ва ё иҷрои вазифаҳо бо забони хориҷӣ б) тайёр намудани презентатсия дар мав- зуи корҳои семестрии донишҷуй Дар вақти муайяншуда супоридани корҳои се- местрӣ: ➤ иҷрои вазифаҳо	8,3%	0 – 50

	бо истифодаи компютер ва ё иҷрои вазифаҳо бо забони хориҷӣ ва ё тайёр намудани презентатсия дар мавзуи корҳои семестрии донишҷуӣ. Кафомони аз ҷадвали супоридани корҳои семестрии донишҷуӣ: • на бештар аз як руз – натиҷаҳои ба даст овардаи донишҷуӣ 10 ҳол кам карда мешавад		50 50
	• то 3 руз - натиҷаҳои ба даст овардаи донишҷуӣ 20 ҳол кам карда мешавад беш аз 3 руз - донишҷуӣ ба комиссияи экспертии мустақил барои қабул намудани қарор равона карда мешавад.		Холи умумӣ тарҳи 10 Холи умумӣ тарҳи 20 Комиссияи экспертии мустақил
	Назорати фосилавӣ	6,3%	0 – 38
Ҳолҳои умумии давраи ду-юм		23%	0 – 138
	Иштироки фаёлона дар машғулиятҳо (мунтазам навиштани конспект, ҳалли	4%	0-24

	мисолҳои таъҷилий, зуҳури худташабуссӣ) ҳангоми дарсшиканӣ: • 0 соат (1 соат = 50 дақиқа) • то 2 соат аз 3 ва бештар соат – донишҷуй ба комиссияи экспертии мустақил барои қабул намудани қарор равона карда мешавад.		24 на беш аз 10 Комиссияи экспертии мустақил
III	Пешакӣ супоридани корҳои семестрӣ: ҳангоми пешгузаштан аз вақти супоридани корҳои контролӣ то 3 руз ва риояи яке аз шартҳои зерин: ➤ иҷрои вазифаҳо бо истифодаи ком- пютер ва ё иҷрои вазифаҳо бо забони хориҷӣ ва ё тайёр	4,1	0-25

	намудани презентатсия дар мавзуи корҳои семестрии донишҷуӣ Кафомони аз ҷадвали супоридани корҳои семестрии донишҷуӣ: • на бештар аз як руз – натиҷаҳои ба даст овардаи донишҷуӣ 10 ҳол кам карда мешавад • то 3 руз – ба донишҷуӣ ҳолл дода намешавад • беш аз 3 руз - донишҷуӣ ба комиссияи экспертии мустақил барои қабул намудани қарор равона карда мешавад.		25 Холи умумӣ тарҳи 10 0 Комиссияи экспертии мустақил
Ҳолҳои умумии давраи сеюм		12,1%	0 - 49
Ҷамъи 1+2+3		54,1%	0 – 325
Назорати финалӣ дар асоси супоридани имтиҳони финалӣ ва бо назардошти алтернативии омилҳои зерин бо розигии тарафайни омузгор ва донишҷуӣ: Компоненти ҳатмӣ: а) аз ҷониби донишҷу пешниҳод шудани конспекти хуб тартиб додашуда аз лексияҳои фанни мазкур (машғулиятҳои амали	41,9%	0 – 251	
		0-30	10
		30	

дарсҳои лаборатори, дарсҳои семинарии ва ғ.), дар ҳолати муқобил 0 ҳол		25
б) тайёр намудани маводҳо барои намоиши корҳои семестри дар ҳолати муқобил 0 ҳол		20
Компоненти интихобӣ яъне хоҳиш ва розигии омузгор:		40
а) тайёр намудани макетҳо ё барномаҳо ва ё дигар комёбиҳо, ки дар аз рӯй ихтисоси интихобшуда истифода бурадан мумкин аст.		30
б) иштирок дар корҳои илми тадқиқоти донишҷуён		20
в) иштирок дар олимпиадаҳо ва гирифтани ҷойҳои мукофоти:		30
ҷои 1-ум		
ҷои 2-юм		
ҷои 3-юм		
Ба барномаи ҷустуҷӯй ва дастгирии истедодоҳо ҳамроҳ кардани донишҷӯй		
Ҳоли маъмурӣ, ки аз ҷамъи	4%	0 - 24

ду компонент ҳосил шуда- аст (а+б):		аз 0 то 12 хол
а) иштирок дар чорабиниҳо (шамбегиҳо, якшанбегиҳо барномаҳои умумифакултетии рушд) ҳангоми иштироки бета- наффус – 12 хол, ҳангоми дар як чорабини иштирок накардан – 0 хол		аз 0 то 12 хол
б) иштирок дар КВН, мусобиқаҳои варзиши кружокҳо бо хоҳиш (дар ҷоягии деканатҳо бо Маркази ба қайдгири муқаррар карда мешавад)		
Ҳамагӣ	0% - 100%	0 – 600

Ташкилдиҳандаҳои баҳо (шакли назорат ва маҳакҳои баҳогузорӣ)			
Фосилаҳои ҳолҳои ҷамъшуда	Ифодаи адади ҳоли баҳо	Ифодаи адади баҳо	Баҳо тибқи низомии анъанавӣ
571-600	10	A	Аъло
541-570	9	A-	
511-540	8	B+	Хуб
481-510	7	B	
451-480	6	B-	
421-450	5	C+	Қаноатбахш
391-420	4	C	
361-390	3	C-	
331-360	2	D+	
301-330	1	D	
0-300	0	F	Ғайриқаноатбахш

АДАБИЁТ

1. Теплотехника: Учеб. для вузов / А. П. Баскаков, Б. В. Берг, О. К. Витт и др.; Под ред. А. П. Баскакова,—2-е изд., перераб. — М.: Энергоатомиздат, 1991.- 224 с: ил.
2. Теплотехника. /Под ред. В.И. Крутова. — М.: Машиностроение, 1986.
3. Саидаминов И.А., Ҳакимов Ғ.Қ., Ҳабибов А.Ҳ. Равандҳо ва адо-ти истеҳсоли ҳуҷра. Қисми 2. — Душанбе: «Ирфон», 2010.
4. Румянцев Ю.Д., Калюнов В.С. Холодильная техника. — СПб.: «Профессия», 2003.
5. Лариков Н.Н. Теплотехника: Учебник для вузов. -3-е изд., пере-раб. и дополн.-М.; Стройиздат, 1985 -432 с.ил.
6. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача. -М.; Высшая школа, 1969 -560с.
7. Г.П. Панкратов. Сборник задач по теплотехнике. — М.: «Высшая школа», 1986.
8. Луканин В.Н., Шатров М.Г., Камфер Г.М. и др. Теплотехника: Учебник для вузов. —М.; Высш.шк., 1999.-671 с.ил.
9. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика. —М.; Высш.шк., 2000. —261 с.ил.
- 10.Тихомиров К.В. Теплотехника, теплоснабжение и вентиляция. - М.; Стройиздат, 1981-248с.
- 11.Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термо-динамика. -М.; Энергоиздат, 1983.
- 12.Исаченко В.М., Осипова В.А., Сухомел А.С. Теплопередача. -М.; Энергоиздат, 1981.
- 13.Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. -М.; Энер-гия, 1977.
- 14.Теплоснабжение /Под ред. Ионина -М.; Стройиздат, 1982.
- 15.Теплотехника /Хазен М.М., Матвеев Г.А. и др. -М.; 1981.
- 16.Сб. задач по технической термодинамике и теплопередаче /Дрыжаков Е.В., Исаев С.И. и др. -М.; 1968.
- 17.Сб. задач по технической термодинамике /Андрианов Т.А., Дзампов Б.В. и др. -М.; 1971.
- 18.Краснощеков Е.А., Сухомел А.С. Задачник по теплопередаче. - М.; 1975.

**ҲАБИБОВ АБДУРАҲМОН
ҲАКИМБОВЕВИЧ**

**ТЕХНИКАИ ГАРМО
(дастури таълимӣ-методӣ)**

Ба чопаш 06.07.2011 имзо шуд. Андозаи 60x84^{1/16}. Қоғази офсетӣ.
Чопи офсетӣ. Гарнитураи Times New Roman Tj. Чузӣи чопии шартӣ
13,0. Теъдоди нашр 100 нусха. Супориши №109.

ҚДММ “ЭР-граф”.

734036, Душанбе, кӯчаи Р. Набиев, 218.

Тел: +992 (37) 881-15-16. E-mail: r-graph@mail.ru.

20c80p

ISBN 978-99947-42-83-7



9789994742837

