

12 - МАЪРУЗА. ИССИҚЛИК ЎТКАЗУВЧАНЛИК

РЕЖА:

- 1. Иссиқлик узатиш асослари.**
- 2. Асосий тушунчалар.**
- 3. Иссиқлик ўтказувчанликнинг асосий қонуни.**
- 4. Ясси бир қатламли деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиги.**
- 5. Ясси кўп қатламли деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиги.**
- 6. Бир қатламли цилиндрик деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиги.**
- 7. Кўп қатламли цилиндрик деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиги.**
- 8. Шарсимон деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиги.**
- 9. Ихтиёрий шаклдаги жисмнинг иссиқлик ўтказувчанлиги.**

АДАБИЁТЛАР

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

1. ИССИҚЛИК УЗАТИШ АСОСЛАРИ

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

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

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

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

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

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

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

2. АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР

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

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

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

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

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

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

$$t = f(x, y, z, \tau); \quad \delta t / \delta \tau \neq 0 \quad (1)$$

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

$$t = f(x, y, z); \quad \delta t / \delta \tau = 0 \quad (2)$$

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

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

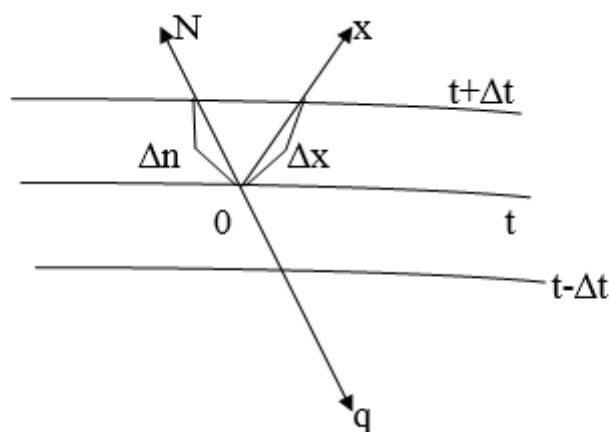
Бир ўлчамли температура майдонининг тенгламаси:

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

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

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

Жисмнинг температураси изотермик сиртларни кесиб ўтадиган йўналишлардагина ўзгаради. (1 -расм).



1-расм.

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

$$\lim\left(\frac{\Delta t}{\Delta n}\right)_{\Delta n \rightarrow 0} = \frac{\delta t}{\delta n} = \text{grad}t \quad (3)$$

Температура градиенти - изотермик сиртга туширилган нормал бўйича йўналган вектордир.

Унинг температуранинг кўтарилиш томонига йўналиши мусбат йўналиш ҳисобланади.

3 ИССИҚЛИК ЎТКАЗУВЧАНЛИКНИНГ АСОСИЙ ҚОНУНИ

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

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

$$\delta Q = -\lambda \delta F \text{grad}t \delta \tau \quad (4)$$

Тенгламанинг ўнг томонидаги минус иссиқлик оқими йўналиши температуранинг пасайиши томонига бўлиб, температура градиенти йўналишига тесқари эканлигини билдиради. (4) ифодадаги пропорционаллик иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти дейилади.

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

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

$$q = \frac{\delta Q}{\delta F} = -\lambda \text{grad}t \quad (5)$$

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

Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти модданинг қай даражада иссиқлик ўтказишини кўрсатади.

Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини (5) ифодадан топишимиз мумкин:

$$\lambda = \frac{q}{\text{grad}t} = \frac{\text{Вт}/\text{м}^2}{\text{град}/\text{м}} = \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{град}} \quad (6)$$

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

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

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

Кумуш	458
Тоza мис	390-400
Пўлат, чуян	45 -60
Қизил ғишт	0,55 -0,8
Бетон	0,9-1,4
Ёғоч	0,11-0,17
Асбест	0,09-0,19
Шлакли тола	0,07
Сув (0-100 $^{\circ}\text{C}$).....	0,55-0,7
Муз	2,5
Ҳаво (0-1000 $^{\circ}\text{C}$).....	0,024-0,075

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

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

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

$$\lambda = \lambda_0 [1 + \beta t] \quad (7)$$

бу ерда: β - температура коэффициентлари.

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

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

Томчисимон суюқликларда λ нинг қиймати 0,08 дан 0,65 Вт/(м·к) гача оралиқда ўзгаради. Газларнинг иссиқлик ўтказувчанлиги 0,005 дан 0,1 Вт/(м·к) гача оралиқда бўлиб, температура ортиши билан ортиб боради. Газлардан фақат водород ва гелийнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари бошқа газларникидан анча юқори қийматга эга.

Молекуляр-кинетик назарияга кўра газларнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари қуйидаги тенглик билан аниқланади:

$$\lambda = w l C_g \cdot \frac{\rho}{3} \quad (8)$$

бу ерда: w -молекулаларнинг ўртача ҳаракат тезлиги, l -молекулаларнинг ўртача ҳаракатланиш узунлиги; C_g -газларнинг ўзгармас ҳажмдаги иссиқлик сифими; ρ -газларнинг зичлиги.

4. ЯССИ БИР ҚАТЛАМЛИ ДЕВОРНИНГ ИССИҚЛИК ЎТКАЗУВЧАНЛИГИ

2 -расмда бир жинсли материалдан ишланган қалинлиги δ бўлган ясси бир қатламли девор кўрсатилган. Деворнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари ва ташқи сиртларидаги температуралар t_1 ва t_2 , ўзгармас бўлиб, температура фақат девор сиртига перпендикуляр бўлган ўқ Х йўналишидагина ўзгаради.

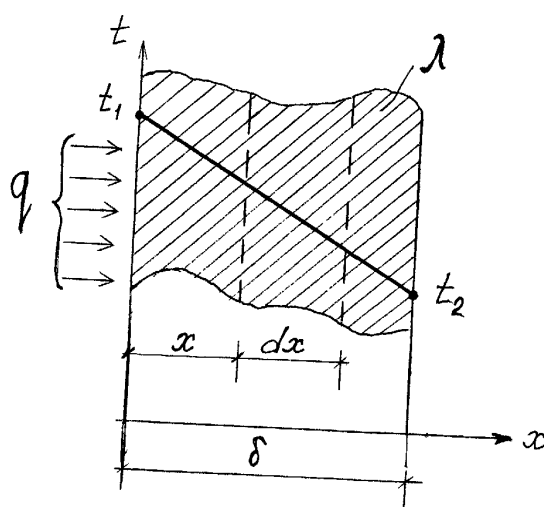
Девор ичида иккита изотермик сирт билан чегараланган, қалинлиги δx бўлган элементар қатлам учун Фурье тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$q = -\lambda \frac{\delta t}{\delta x} \quad \text{ёки} \quad \delta t = -\frac{q}{\lambda} \delta x \quad \text{ва} \quad t = -\frac{q}{\lambda} x + c$$

Интеграллаш доимийси C чегаравий шартлардан аниқланади:

$$X = 0 \quad \text{бўлганда} \quad t = t_1; \quad c = t_1; \quad x = \delta \quad \text{бўлганда} \quad t = t_2 - \frac{q}{\lambda} \delta + t_1$$

бўлади.



2- расм.

Бундан иссиқлик оқимининг зичлигини аниқлаш мумкин:

$$q = \frac{\lambda}{\delta} (t_1 - t_2) = \frac{\lambda}{\delta} \Delta t \quad (7)$$

Агар $t = -\frac{q}{\lambda} x + c$ тенгликка $c = t_1$ ва $q = \frac{\lambda}{\delta} \Delta t$ қийматларни куйсак,

температура эгри чизиғининг тенгламасини олиш мумкин:

$$t_x = t_1 - \frac{\Delta t}{\delta} x \quad (8)$$

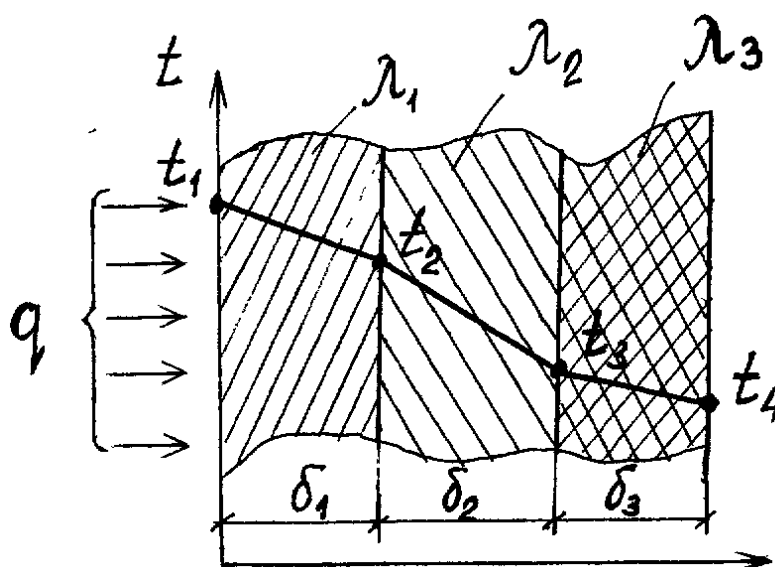
Демак температура бир жинсли деворда тўғри чизиқ бўйлаб ўзгаради (7) формуладан иссиқлик оқимининг зичлигини топиб, деворнинг ясси сирти орқали вақт ичида узатилган умумий иссиқлик миқдорини топишимиз мумкин:

$$Q = qF \tau = \frac{\lambda}{\delta} \Delta t F \tau \quad (9)$$

Ясси девор орқали иссиқлик ўтказувчанлик билан узатилган иссиқлик миқдори иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари λ , температуралар фарқи Δt , девор юзаси F ва вақт τ га тўғри пропорционал ва девор қалинлиги δ га тескари пропорционал бўлади.

5. ЯССИ КЎП ҚАТЛАМЛИ ДЕВОРНИНГ ИССИҚЛИК ЎТКАЗУВЧАНЛИГИ

Озиқ-овқат саноатида қўлланиладиган кўплаб иссиқлик алмашинув қурилмаларида иссиқлик ўтказувчанлиги турлича бўлган материаллардан ясалган бир қанча қатламли ясси девор орқали иссиқлик ўтказувчанлик йўли билан иссиқлик узатиш процессини кўриб чиқамиз.



3 - расм.

қатламларнинг қалинлиги δ_1 , δ_2 ва δ_3 билан, иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари эса тегишлича λ_1 , λ_2 ва λ_3 билан белгиланган.

Ташқи сиртларнинг температуралари t_1 ва t_4 берилган, қатламлар орасидаги температуралар t_2 ва t_3 номаълум.

Бундай деворнинг барча қатламлари бир-бирига зич ёпишиб туради. Кўп қатламли девор орқали иссиқлик узатиш процессини барқарор режимда

кўриб чиқамиз, шу сабабли деворнинг ҳар қайси қатлами орқали, ўтадиган солиштирма иссиқлик оқими катталиги жihatдан ўзгармас ва барча қатламлар учун бир хил бўлади:

$$q = (\lambda_1 / \delta_1)(t_1 - t_2); \quad q = (\lambda_2 / \delta_2)(t_2 - t_3);$$

$$q = (\lambda_3 / \delta_3)(t_3 - t_4);$$

Бу тенгликлардан ҳар қайси қатламда температуранинг ўзгаришини топамиз:

$$t_1 - t_2 = q \frac{\delta_1}{\lambda}; \quad t_2 - t_3 = q \frac{\delta_2}{\lambda}; \quad (10)$$

$$t_3 - t_4 = q \frac{\delta_3}{\lambda};$$

(10) тенгликнинг чап ва ўнг томонини бир-бирига қўшиб қуйидаги тенгликни ҳосил қиламиз:

$$t_1 - t_4 = q \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} \right)$$

Бу нисбатдан уч қатламли девор орқали ўтадиган солиштирма иссиқлик оқимининг катталигини аниқлаш мумкин:

$$q = \frac{t_1 - t_4}{\delta_1 / \lambda_1 + \delta_2 / \lambda_2 + \delta_3 / \lambda_3} \quad (11)$$

Кўп қатламли девор учун (11) формула кўринишда ёзилади:

$$q = \frac{(t_1 - t_{n+1})}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}} \quad (12)$$

Девор қалинлигининг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентига нисбати δ / λ девор қатламининг термик қаршилиги дейилади.

$\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ - деворнинг тўлиқ ички қаршилиги дейилади. Баъзи вақтда кўп

қатламли ясси деворни (12) тенгликка эквивалент иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти $\lambda_{\text{э,л}}$ ни киритиб бир қатламли девор каби ҳисобланади:

$$q = \frac{\lambda_{\text{эк}}(t_1 - t_2)}{\sum_{i=1}^n \delta_i} \quad (13)$$

бу ерда:

$$\lambda_{\text{эк}} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} \quad (14)$$

(10) ва (12) формулалар асосида девор қатламлари орасидаги температуралар t_2 ва t_3 нинг қийматларини топишимиз мумкин:

$$t_2 = t_1 - q \cdot \frac{\delta_1}{\lambda_1} \quad (15)$$

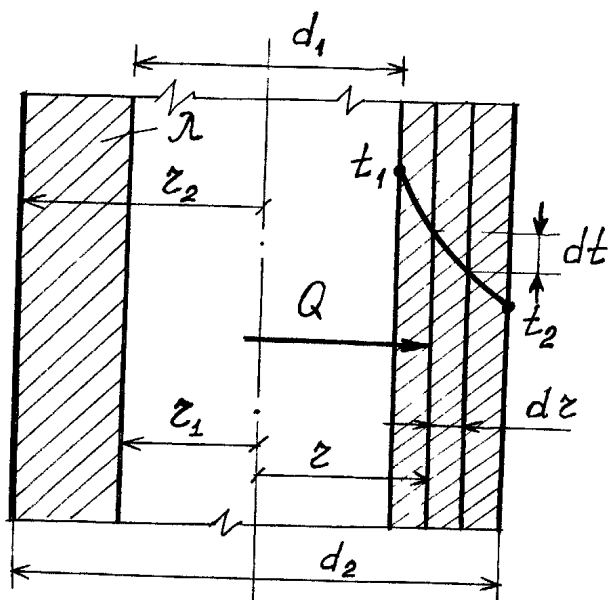
$$t_3 = t_2 - q \cdot \frac{\delta_2}{\lambda_2}$$

$$t_3 = t_4 + q \cdot \frac{\delta_3}{\lambda_3}$$

6. БИР ҚАТЛАМЛИ ЦИЛИНДРИК ДЕВОРНИНГ ИССИҚЛИК ЎТКАЗУВЧАЛИГИ

Иссиқлик машиналари ва иссиқлик алмашинув аппаратлари деворларининг сиртлари, кўпинча, концентрик жойлашган иккита цилиндрик сирт билан чегараланган бўлади.

4-расмда узунлиги чексиз l ички диаметри d_1 ва ташқи диаметри d_2 бўлган бир жинсли цилиндрик девор кўрсатилган.



4-расм.

кувурнинг ички ва ташқи сиртларининг температуралари t_1 ва t_2 бўлиб, ўзгармасдан қолади. Температура майдони бир ўлчамли ва фақат радиал йўналишда камаяди.

Девор ичида радиуси r ва қалинлиги dr бўлган элементар цилиндрик қатлам ажратамиз. У ҳолда ажратилган шу ясси қатламни девор сифатида қараш мумкин. Чекка сиртлар орасидаги температуралар фарқи dt ни чексиз кичик дейиш мумкин.

Фурье қонунига кўра:

$$Q = -\lambda F \frac{dt}{dr},$$

ёки элементар цилиндрик қатлам учун:

$$Q = -\lambda \alpha \pi r l \frac{dt}{dr}$$

бундан:

$$dt = -\frac{Q}{2\pi \lambda l} \cdot \frac{dr}{r}$$

(а) тенгликни $\lambda = \text{const}$ бўлганда интеграллаб қуйидагини оламиз:

$$\int_{t_1}^{t_2} dt = -\int_{r_1}^{r_2} \left(\frac{Q}{2\pi \lambda l}\right) \left(\frac{dr}{r}\right)_1 (t_1 - t_2) = \left[\frac{Q}{2\pi \lambda l}\right] \ln \frac{r_2}{r_1}$$

бундан цилиндрик девордан ўтувчи иссиқлик оқимини аниқлаш формуласини оламиз:

$$Q = \frac{2\pi \lambda l (t_1 - t_2)}{\ln \frac{d_2}{d_1}}$$

Юқоридаги тенгликлардан кўриниб турибдики, цилиндрик деворда температура логарифмик эгри чизик бўйича ўзгариб боради. Иссиқлик оқими узунлик бирлигига нисбатан q_e ва ички ёки ташқи сиртга нисбатан q_1 ва q_2 аниқланиши мумкин:

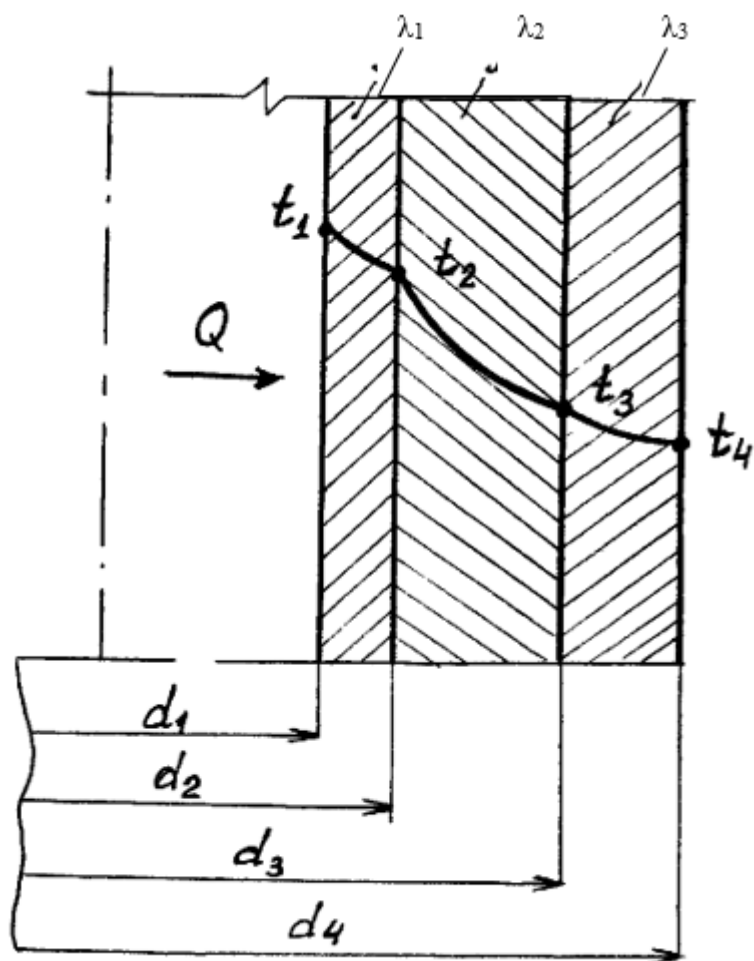
$$q_e = \frac{Q}{l} = \frac{[2\pi \lambda (t_1 - t_2)]}{\ln \frac{d_2}{d_1}} \quad (17)$$

$$q_1 = \frac{Q}{\pi d_1 l} = \frac{[2\lambda (t_1 - t_2)]}{(d_1 \ln \frac{d_2}{d_1})} \quad (18)$$

$$q_2 = \frac{Q}{\pi d_2 l} = \frac{[2\lambda (t_1 - t_2)]}{(d_2 \ln \frac{d_2}{d_1})} \quad (19)$$

7. КЎП ҚАТЛАМЛИ ЦИЛИНДРИК ДЕВОРНИНГ ИССИҚЛИК ЎТКАЗУВЧАНЛИГИ

Цилиндрик девор бир-бирига зич ёпишиб турган уч қатламдан иборат деб фараз қиламиз. Девор ички сиртининг температураси t_1 ва ташқи сиртининг температураси t_4 , қатламларининг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари λ_1 , λ_2 , ва λ_3 , диаметрлари d_1 , d_2 , d_3 ва d_4 билан белгиланган (5-расм).



5-расм.

Деворнинг ҳар бир қатламида температура логарифмик эгри чизик бўйича ўзгариб боради. Кўп қатламли девор орқали иссиқлик узатиш процессини барқарор режимда кўриб чиқамиз. Шу сабабли деворнинг ҳар қайси қатлами орқали ўтадиган иссиқлик оқими Q , катталиги жиҳатдан ўзгармас ва барча қатламлар учун бир хил бўлади:

$$Q = [2\pi\lambda_1 l(t_1 - t_2)] \ln \frac{d_2}{d_1}$$

$$Q = [2\pi\lambda_2 l(t_2 - t_3)] \ln \frac{d_3}{d_2}$$

$$Q = [2\pi\lambda_3 l(t_3 - t_4)] \ln \frac{d_4}{d_3}$$

Бу тенгликлардан ҳар қайси қатламда температуранинг ўзгаришини топамиз:

$$t_1 - t_2 = \left[\frac{Q}{2\pi \lambda_1 l (t_1 - t_2)} \right] \cdot \ln \frac{d_2}{d_1}$$

$$t_2 - t_3 = \left[\frac{Q}{2\pi \lambda_2 l (t_2 - t_3)} \right] \cdot \ln \frac{d_3}{d_2}$$

$$t_3 - t_4 = \left[\frac{Q}{2\pi \lambda_3 l (t_3 - t_4)} \right] \cdot \ln \frac{d_4}{d_3}$$

(20) тенгликнинг чап ва ўнг томонларини бир-бирига қўйиб қуйидаги тенгликни ҳосил қиламиз:

$$t_1 - t_4 = \frac{Q}{2\pi l} \left(\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{\lambda_3} \ln \frac{d_4}{d_3} \right) \quad (20)$$

Бу нисбатдан уч қатламли цилиндрик девор орқали ўтадиган иссиқлик оқими Q нинг катталигини аниқлаш мумкин:

$$Q = \frac{2\pi l (t_1 - t_4)}{\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{\lambda_3} \ln \frac{d_4}{d_3}} \quad (21)$$

Кўп қатламли цилиндрик девор учун (20) формула қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$Q = \frac{2\pi l (t_1 - t_{n+1})}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}} \quad (22)$$

(22) тенгликка эквивалент иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти $\lambda_{\text{ЭК}}$ ни киритиб иссиқлик оқимини бир қатламли девордаги каби ҳисоблаш мумкин:

$$Q = \frac{2\pi \lambda_{\text{ЭК}} (t_1 - t_2)}{\sum_{i=1}^n \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}} \quad (23)$$

бу ерда:

$$\lambda_{\text{эк}} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}} \quad (24)$$

(22) тенгликдан фойдаланиб девор қатламлари орасидаги температуралар қийматини топишимиз мумкин:

$$t_2 = t_1 - \left[\frac{Q}{(2\pi \lambda_1 l)} \right] \ln \frac{d_2}{d_1}$$

$$t_3 = t_2 - \left[\frac{Q}{(2\pi \lambda_{21} l)} \right] \ln \frac{d_3}{d_2} \quad (25)$$

8. ШАРСИМОН ДЕВОРНИНГ ИССИҚЛИК ЎТКАЗУВЧАНЛИГИ

Иссиқлик манбаи шар ичида бўлиб, ўзгармас иссиқлик оқими шарсимон девор томон йўналган. Температура фақат радиус йўналишида ўзгаради. Ички сирт температураси t_1 , ташқи сирт температураси t_2 , девор радиуси r_1 , ташқи радиус r_2 .

Радиуси r ва қалинлиги dr бўлган шарсимон қатламдан ўтаётган иссиқлик оқимини Фурье тенгламасидан топамиз:

$$Q = \lambda F \left(\frac{dt}{dc} \right) = -\lambda 4\pi r^2 \left(\frac{dt}{dr} \right), \quad \text{ёки}$$

$$dt = - \left(\frac{Q}{4\pi \lambda} \right) \cdot \left(\frac{dr}{r^2} \right)$$

Охирги тенгликни t ва r бўйича интеграллаб, ўзгармас интеграл доимийсини $r = r_1$, $t = t_1$ ва $r = r_2$, $t = t_2$ чегаравий шартлардан аниқлаб, қуйидагига эга бўламиз:

$$Q = \frac{\pi \lambda (t_1 - t_2)}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)} = \frac{2\pi \lambda (t_1 - t_2)}{\left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2} \right)} \quad (26)$$

9. ИХТИЁРИЙ ШАКЛДАГИ ЖИСМНИНГ ИССИҚЛИК ЎТКАЗУВЧАНЛИГИ

Юқоридаги параграфлардан маълумки, турли шаклдаги жисмлар учун алоҳида иссиқлик ўтказувчанлик тенгламаси мавжуд ва нотўғри шаклдаги жисмлар учун уларни кўллаб бўлмайди.

Нотўғри шаклдаги жисм деворидан ўтаётган иссиқлик миқдори (масалан, девор ясси эмас ва эгри сиртлар билан чегараланган, ёки сирт цилиндрсимон бўлмай, овалсимон) қуйидаги тенглик бўйича аниқланиши мумкин:

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} F_{yp} (t_1 - t_2) \quad (27)$$

бу ерда: F_{yp} - сирт юзаси, уни жисм шаклига боғлиқ равишда аниқланади.

Ясси ва цилиндрсимон девор учун $F_2 / F_1 < 2$ (бу ерда F_1 ва F_2 жисм ички ва ташқи сирти юзаси) бўлганда:

$$F_{yp} = (F_1 + F_2) / 2 \quad (28)$$

F_1 / F_2 бўлганда цилиндрсимон девор учун:

$$F_{yp} = \frac{(F_2 - F_1)}{(2,31g \frac{P_2}{P_1})} \quad (29)$$

Шарсимон девор учун:

$$F_{yp} = \sqrt{F_1 - F_2} \quad (30)$$

Юқоридаги ифодалардан тахминий ҳисоблашларда фойдаланиш мумкин. Мураккаб объектлар учун иссиқлик ўтказувчанликни элементлари бўйича алоҳида ҳисобланади. Бу усул ҳам юқори аниқлик бермайди. Мураккаб объектлар учун иссиқлик ўтказувчанликни тажриба йўли билан аниқроқ топиш мумкин.

Агар деворнинг турли жойларида температура ҳар-хил бўлса, у ҳолда бутун девор учун қуйидаги ифода бўйича ўртача температура аниқланади:

$$t_{yp} = \frac{(F_1 t_1 + F_2 t_2 + \dots + F_n t_n)}{(F_1 + F_2 + \dots + F_n)}$$

бу ерда: F_1, F_2, \dots, F_n - бир хил температурали девор бўлими сирти юзаси;
 t_1, t_2, \dots, t_n - алоҳида бўлимлар температуралари.

СИНОВ САВОЛЛАРИ:

1. Иссиқлик узатилиши турлари.
2. Температура майдони.
3. Температура градиенти.
4. Иссиқлик ўтказувчанлик.
5. Иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти.
6. Ясси девор орқали иссиқлик ўтказувчанлик.
7. Цилиндрик девор орқали иссиқлик ўтказувчанлик.
8. Конвекцияни тушунтиринг.
9. Шарсимон деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиги.
10. Ихтиёрий шаклдаги жисмнинг иссиқлик ўтказувчанлиги.

ТАЯНЧ ИБОРАЛАР

Иссиқлик узатиш, иссиқлик ўтказувчанлик, конвекция, нурланиш, температура майдони, температура градиенти, изотермик сирт, иссиқлик оқими, иссиқлик оқимининг зичлиги, иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти, Фурье қонуни.