

## **14 - МАЪРУЗА. НУРИЙ ИССИҚЛИК АЛМАШИНУВИ ИССИҚЛИК УЗАТИШ.**

### **РЕЖА:**

- 1. Асосий тушунчалар.**
- 2. Иссиқлик нурланишининг асосий қонунлари. Кирхгоф қонуни.**
- 3. Жисмлар орасида нурий иссиқлик алмашинуви.**
- 4. Бири иккинчисини ичида жойлашган жисмлар орасида нурий иссиқлик алмашинуви.**
- 5. Жисмлар орасида экран бўлганда нурий иссиқлик алмашинуви.**
- 6. Газ ва бугларнинг нурланиши.**
- 7. Ясси девор орқали иссиқлик узатиш.**
- 8. Цилиндрик девор орқали иссиқлик узатиш.**

### **АДАБИЁТЛАР**

1. Нашокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача М., 1980. 402-423 б.
2. Ларииков Н.Н. Теплотехника. М.,1986 й. 262-273 б.
3. Асраев Р.А., Эфендиев А.М., Сафаров Р.Т. Иссиқлик техникаси. Бухоро 2001 й. 141-153 б.

## 1. АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР

Барча жисмлар абсолют нолдан юқори температурада ўзидан фазога тўхтовсиз равишда турли узунликдаги электромагнитавий тўлқинлар тарқатиб туради. Нур чиқараётган жисмдан тарқаладиган электр ва магнитавий майдонларнинг тебранишлари электр магнитавий тўлқинлар дейилади.

Модданинг атом ва молекулалари электр магнитавий тўлқинларнинг манбаи бўлади. Электр магнитавий нурланишнинг бир неча турлари мавжуд, улардан ҳар бири тўлқин узунлигига қараб жисмга турлича физикавий таъсир кўрсатади.

Жисмлар турли тўлқин узунлигидаги Рентген, инфрақизил, ултрабинафша,  $\gamma$ , иссиқлик, ёруғлик каби нурларни барча йўналишларда ва тўғри чизиқ бўйлаб атроф-муҳитга ёруғлик тезлигида тарқатади. Иссиқлик техникасида қўлланиладиган температураларда иссиқлик нурланиши тўлқин узунлиги  $\lambda = 0,4-800$  мкм ( $1 \text{ мкм} = 10^{-6} \text{ м}$ ) гача бўлиб, тўлқин узунлиги  $0,8-800$  мкм бўлган инфрақизил ва тўлқин узунлиги  $\lambda = 0,4-0,8$  мкм бўлган ёруғлик нурларини ўз ичига олади.

Бир-бирига нисбатан қандай жойлашганлигидан қатъий назар, бир хил ёки ҳар-хил температурали жисмлар орасида узлуксиз нурий иссиқлик алмашинуви содир бўлиб туради.

Турли жисмларнинг нур чиқариши жисмнинг табиатига, унинг температурасига ва сиртининг ҳолатига боғлиқ бўлади. Нур чиқараётган жисмнинг фақат температураси ва оптик хоссалари билан аниқланадиган нурланиш иссиқлик нурланиши дейилади.

Жисмга ютилган иссиқлик нурлари атом ва молекулаларнинг тартибсиз иссиқлик ҳаракат энергиясига айланади ва жисмнинг температурасини оширади.

Нур чиқараётган жисмларнинг температураси кўтарилиши билан нурланиш жадаллиги ортади.

Агар паст температураларда (тахминан 1000 °С гача) конвекция ва иссиқлик ўтказувчанлик йўли билан иссиқлик алмашинуви асосий бўлса, юқорироқ температураларда иссиқлик алмашинувининг асосий тури нурий иссиқлик алмашинуви бўлади.

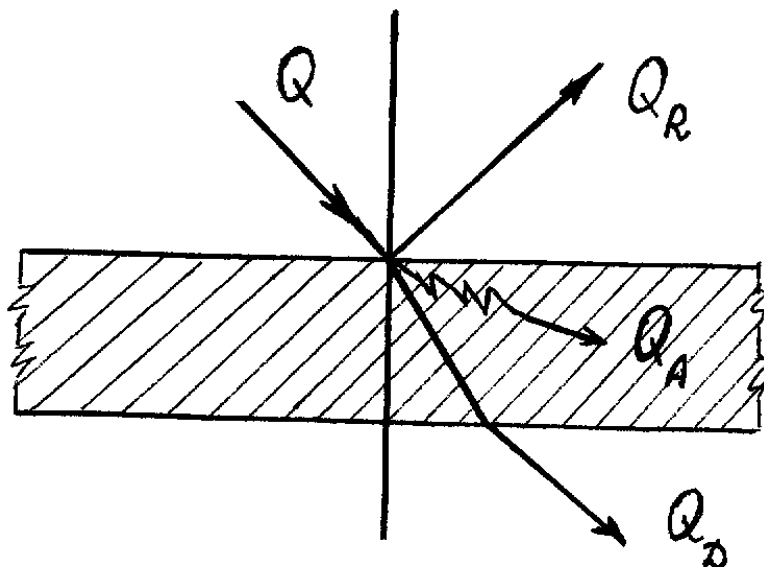
Жисмнинг бирлик сиртидан вақт бирлиги ичида барча тўлқин узунликдаги чиқарилган нурий энергия миқдори, нурланиш оқимининг юза зичлиги ёки нурланиш хусусияти дейилади ва  $\text{Вт/м}^2$  билан белгиланади:

$$E = \frac{Q}{F \cdot \tau} \quad (1)$$

бу ерда:  $Q$  - нурий энергия миқдори, Ж ;

$\tau$  - нурланиш вақти, сек.;

$F$  - нурланаётган сирт юзаси,  $\text{м}^2$  .



1-расм.

Жисм сиртига тушган барча нурий энергия миқдори  $Q$  нинг бир қисми  $Q_A$  жисмга ютилади, бир қисми  $Q_R$  ундан қайтарилади, қолган қисми  $Q_D$  эса жисм орқали ўтиб кетади, (1-расм), яъни:

$$Q = Q_A + Q_R + Q_D$$

Жисмга тушаётган иссиқлик оқимининг тақсимланиши.

Бу тенгликнинг иккала қисмини  $Q$  га бўлсак ва

$$\frac{Q_A}{Q} = A, \frac{Q_R}{Q} = R, \frac{Q_D}{Q} = D$$

белгилаш киритсак, қуйидаги тенглик ҳосил бўлади:

$$A + R + D = 1 \quad (2)$$

$A$  - жисмнинг ютиш хусусияти ёки коэффициентини;

$R$  - жисмнинг қайтариш хусусияти ёки коэффициентини;

$D$  - жисмнинг ўтказиш хусусияти ёки ўтказиш коэффициентини.

(2) - тенглик нурланиш энергияси иссиқлик балансининг тенгламаси дейилади.

Агар  $A=1$  бўлса, у ҳолда жисм ўзига тушадиган нурий энергияни қайтармай ва ўтказиб юбормай ҳаммасини ютади. Бундай жисм абсолют қора жисм дейилади.

Агар  $D=1$  бўлса, жисм ўзига тушган барча нурий энергияни қайтаради. Бундай жисм абсолют оқ жисм дейилади. Бунда агар нурий энергияни сиртга тушиш бурчаги қайтиш бурчагига тенг бўлса, жисмнинг сирти кузгу сирт дейилади.

Агар  $D=1$  бўлса, у ҳолда жисм ўзига тушаётган нурларнинг ҳаммасини ўтказиб юборади ва абсолют тиниқ жисм дейилади.

Табиатда абсолют оқ, абсолют қора ва абсолют тиниқ жисмлар бўлмайди. Реал жисмлар оз ёки кўп даражада қора, оқ ва тиниқ бўлади. Масалан, сиртига сайқал берилган металлар учун  $R=0,97$ ; нефть қуруми, қор ва муз учун  $A=0,95 : 0,96$ ; икки атомли газлар  $O_2, N_2, H_2$  учун  $D \approx 1$

Ҳаво ҳам амалда тиниқ ҳисобланади, аммо ҳаво таркибида сув буғи ва карбонат ангидрид гази миқдори ошиши билан унинг тиниқлиги камаяди.

Кварц иссиқлик нурларини ўтказмайди, аммо ёруғлик ва ультрабинафша нурларини ўтказди. Дераза ойнаси ёруғлик нурларини ўтказиб, ультрабинафша ва иссиқлик нурларини деярли ўтказмайди. Иссиқлик нурларини қаттиқ ва суяқ жисмлар деярли ўтказмайди, нурий энергиянинг ютилиши эса жисмнинг юза қисмида тугалланади (0.01 мм). Бу жисмларда нур тарқатиш ҳам юза қисмида содир бўлади.

Спектрал ютиш хусусияти ҳар қандай температурада тушаётган нурланишнинг тўлқин узунлигига боғлиқ бўлмаган жисмлар кул ранг жисмлар дейилади. Барча реал жисмлар учун  $A$ ,  $R$  ва  $D$  коэффициентлар доимо бирдан кичик бўлади. Металларда ютиш коэффициенти температура ортиши билан ортади, металлмасларда эса камаяди.

Шуни таъкидлаш керакки иссиқлик нурларини ютиш ва қайтариш жисмнинг рангига боғлиқ бўлмасдан, жисм юзасининг ҳолатига боғлиқ бўлади. Оқ юза (газлама, бўёқ) фақат ёруғлик нурини яхши қайтариб, иссиқлик нурини эса бошқа жисмлар каби ютади.

## **2. ИССИҚЛИК НУРЛАНИШНИНГ АСОСИЙ ҚОНУНЛАРИ.**

### **КИРХГОФ ҚОНУНИ**

Жисмнинг нурланиш (нур чиқариш) хусусиятининг ютиш хусусиятига нисбати жисмнинг табиатига боғлиқ эмас, балки барча жисмлар учун бир хил бўлган температура функциясидир: у абсолют қора жисмнинг шу температурадаги нурланиш хусусиятига тенг.

$$\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \dots = \frac{E_0}{A_0} = E_0(T) \quad (3)$$

Бу ерда  $E_0(T)$  абсолют қора жисмнинг нурланиш хусусияти. Агар кул ранг жисм нурланиш юза зичлиги  $E$  ни бир хил температурада абсолют қора жисм нурланиш юза зичлиги  $E_0$  га нисбатини кул ранг жисмнинг қоралик даражаси  $\epsilon$  билан белгиласак, Кирхгоф қонуни қуйидаги тенглик билан ифодаланади:

$$\frac{E}{E_0} = A = \varepsilon \quad (4)$$

Қора жисмлар учун  $\varepsilon = 1$  ва кул ранг жисмлар учун  $0 < \varepsilon < 1$  бўлади.

## ПЛАНК ҚОНУНИ

Қора жисм нурланиши жадаллигини тўлқин узунлиги ва температурага боғлиқлиги квант назарияси асосида яратилган Планк қонунига кўра қуйидагича ифодаланади:

$$I_{0\lambda} = C_1 \frac{\lambda^{-5}}{l^{C_2/\lambda I_1}} \quad (5)$$

Бу ерда:  $I_{0\lambda}$  - нурланиш жадаллиги, Вт/м<sup>3</sup> ;

$C_1$  - ўзгармас катталиқ,  $3,7 \cdot 10^{-16} \text{ Вт} \cdot \text{м}^2$  ;

$C_2$  - ўзгармас катталиқ,  $0,0144 \text{ м} \cdot \text{к}$

Тўлқин узунлиги  $\lambda$  нинг  $\lambda_0$  гача ортиши билан нурланиш энг юқори қийматгача ортиб боради ва сўнгра  $\lambda$  ортиши билан камайиб боради ва  $\lambda = \infty$  бўлганда нолга тенг бўлади.

Температуранинг ортиши билан спектраль нурланиш ҳар қандай тўлқин узунлигида ҳам ортади.

## СТЕФАН - БОЛЬЦМАН ҚОНУНИ

Абсолют қора жисм нурланишидаги тўлиқ энергия миқдори:

$$E_0 = \int_0^{\infty} I_{0\lambda} d\lambda = \int_0^{\infty} \frac{C_1 d\lambda}{\lambda^5 (l^{C_2/\lambda I_1} - 1)} \quad \text{ёки}$$

$$E_0 = \frac{6,494 C_1}{C_2^4} T^4 = G_0 T^4 \quad (6)$$

бу ерда:  $G_0 = 5,77 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{к}^4)$  - Стефан доимийси абсолют қора жисмнинг нурланиш хусусияти унинг абсолют температурасининг

тўртинчи даражасига тўғри пропорционал бўлади. Амалда (6) тенглама куйидаги кўринишда ёзилади:

$$E_0 = C_0 \left(\frac{T}{100}\right)^4 \quad (7)$$

бу ерда:  $C_0 = 5,77 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{к}^4)$  - абсолют қора жисмнинг нурланиш коэффициенти.

Стефан-Больцман қонунини кул ранг жисмларга тадбиқ этиш мумкин. Қора жисмларда бўлгани сингари, кул ранг жисмларда ҳам нурланиш хусусияти абсолют температуранинг тўртинчи даражасига тўғри пропорционал бўлади:

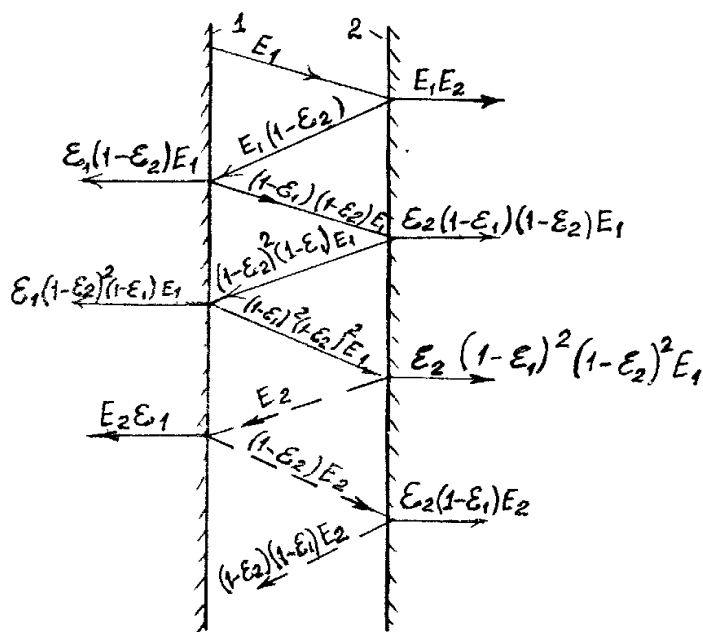
$$E = C \left(\frac{T}{100}\right)^4 \quad (8)$$

бу ерда:  $C$  - кул ранг жисмнинг нурланиши коэффициенти.

### **3. ЖИСМЛАР ОРАСИДА НУРИЙ ИССИҚЛИК АЛМАШИНУВИ**

Нурий иссиқлик алмашинуви ниҳоятда мураккаблиги билан ажралиб туради ва жуда кўп омилларга боғлиқ. Энг оддий ҳоллардан бири, бир бирига параллел жойлашган ва тиниқ муҳит билан ажраладиган кул ранг пластиналар орасидаги нурий иссиқлик алмашинувини кўриб чиқамиз. Пластиналарнинг ўлчами улар орасидаги масофадан анча катта бўлиб, биридан чиққан нур иккинчисига тўлиқ тушади.

Пластиналарнинг температураси, нурланиш оқимининг юза зичлиги ва қоралик даражаси мос равишда  $T_1$ ,  $E_1$ ,  $\epsilon_1$  ва  $T_2$ ,  $E_2$ ,  $\epsilon_2$   $T_1 > T_2$  деб фарз қиламиз. (2- расм).



2-расм.

Биринчи пластинадан чиққан нур тўлиқ иккинчи пластинага тушади, унинг бир қисми ютилиб, қолган  $(1 - \varepsilon_2) E_1$  қисми эса биринчи пластинага қайтарилади ва бунда  $(1 - \varepsilon_2) E_1$  қисми ютилиб,  $(1 - \varepsilon_1) (1 - \varepsilon_2)$  қисми эса яна қайтарилади ва шу каби чексиз такрорланади.

У ҳолда ёзишимиз мумкин:

$$Q_{1-2} = E_1 F \varepsilon_2 - E_2 F \varepsilon_1$$

Стефан-Больцман қонунига кўра юза 1 дан юза 2 га узатилган нурий иссиқликнинг тўлиқ миқдори ушбу формуладан топилади:

$$Q_{1-2} = \varepsilon_1 \varepsilon_2 C_0 F \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] = C_{1-2} \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 F \quad (9)$$

бу ерда:  $C$  - иссиқлик алмашинувида иштирок этаётган жисмлар системасининг келтирилган нурланиш коэффициентини.

$$C_{1-2} = \frac{1}{\left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_0} \right)} \quad (10)$$

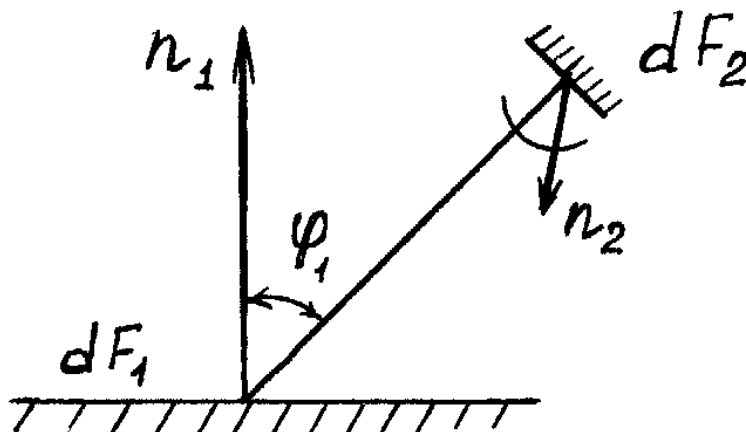
ёки

$$\varepsilon_{1-2} = \frac{1}{\left( \frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)} \quad (11)$$

бу ерда:  $C_{1-2}$  жисмлар системасининг келтирилган қоралик даражаси.

Иккита ихтиёрий жойлашган жисмлар орасидаги нурий иссиқлик алмашинуви аналитик ифодасини келтириб чиқариш қийин ва қуйидаги формула ёрдамида аниқлаш мумкин:

$$Q_{1-2} = C_{1-2} \left[ \left( -\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( -\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \int_{F_1} dF_1 \int_{F_2} \frac{\cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2}{\pi r^2} \cdot dF \quad (12)$$



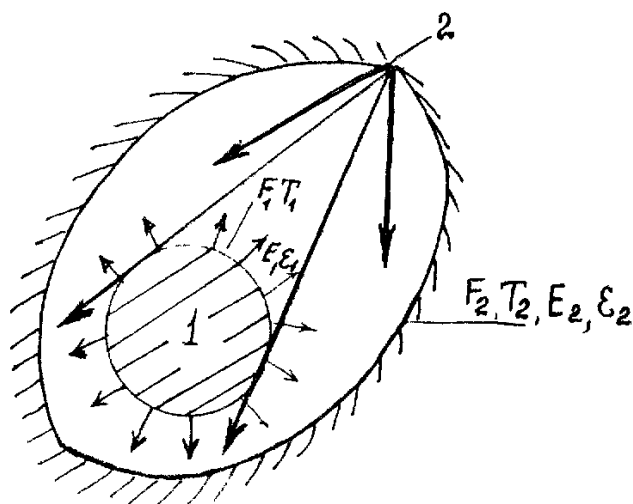
бу ерда:

$$\int_{F_1} dF_1 \int_{F_2} \frac{\cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2}{\pi r^2} \cdot dF - \text{нурланишнинг бурчак коэффициенти.}$$

У геометрик тавсифнома бўлиб, нурланаётган жисмларнинг шакли, ўлчами ва ўзаро жойлашишига боғлиқ. Бурчак коэффицентини ҳисоблаш оддий ҳолатлар учун ҳам қийин бўлгани учун, уни график усулда аниқланади. Техник масалаларни ечишда одатда бурчак коэффицентини қиймати жадваллардан олинади.

#### 4. БИРИ ИККИНЧИСИНИ ИЧИДА ЖОЙЛАШГАН ЖИСМЛАР ОРАСИДА НУРИЙ ИССИҚЛИК АЛМАШИНУВИ

Техникада кўп ҳолларда бир жисм (I) иккинчи жисм (I) ичида жойлашган ҳолатдаги масалаларни ечишга тўғри келади (4 - расм).



4-расм.

Ички жисм сирти қавариқ (чуқурча ҳосил қилмаган): ташқи жисм ички сирти ботик.  $F_1$  ва  $F_2$  - жисмлар сирти юзаси,  $F_1 < F_2$ ,  $E_1$  ва  $E_2$  нурланиш юза зичлиги,  $T_1$  ва  $T_2$  жисмлар температураси ( $T_1 > T_2$ ),  $E_1$  ва  $E_2$  - жисмлар қоралик даражаси. Биринчи ва иккинчи жисмлардан чиқаётган умумий энергия миқдори  $Q_1$  ва  $Q_2$ . У ҳолда иссиқлик алмашинуви натижасида берилган иссиқлик миқдори қуйидаги тенглик билан аниқланади:

$$Q_{1-2} = Q_1 - \varphi Q_2 \quad (\text{а})$$

бу ерда:  $Q_1$ - ички (биринчи) жисмга тушаётган энергиянинг улуши нурий энергиянинг қолган  $(1 - \varphi) Q_2$  қисми биринчи жисмни четлаб, ўзининг сиртига тушади.

Ички жисмнинг самарали нурланиши ўзининг нурланиши  $E_1 F_1$  шунингдек унга иккинчи жисмдан тушаётган ва биринчи жисм қайтараётган қисмидан иборат, яъни:

$$Q_1 = E_1 F_1 + (1 - \varepsilon_1) \varphi Q_2 \quad (\text{б})$$

Иккинчи жисмнинг самарали нурланиши ўзининг нурланиши,  $E_2 F_2$  унга тушаётган энергия  $Q_1$  нинг қайтаётган қисми  $(1 - \varphi) Q_2$  дан иборат, яъни:

$$Q_2 = E_2 F_2 + (1 - \varepsilon_2) Q_1 + (1 - \varepsilon_2)(1 - \varphi) Q_2 \quad (\text{в})$$

(б) ва (в) тенгликларни биргаликда ечиб, қуйидагига эга бўламиз:

$$Q_1 = \frac{E_1 F_1 [\varepsilon_2 + (1 - \varepsilon_2) \varphi] + \varphi (1 - \varepsilon_1) E_2 F_2}{\varepsilon_2 + \varphi \varepsilon_1 (1 - \varepsilon_2)} \quad (\text{г})$$

ва

$$Q_2 = \frac{E_2 F_2 + (1 - \varepsilon_2) E_1 F_1}{\varepsilon_2 + \varphi \varepsilon_1 (1 - \varepsilon_2)} \quad (д)$$

$Q_1$  ва  $Q_2$  қийматларини (г) тенгликлардан (а) тенгликка қўямиз:

$$Q_{1-2} = \frac{1}{\varepsilon_2 + \varphi \varepsilon_1 (1 - \varepsilon_2)} (\varepsilon_2 E_1 F_1 - \varphi \varepsilon_1) E_2 F_2$$

Стефан-Больцман қонунига кўра  $E_1$  ва  $E_2$  ларни алмаштириб, қуйидагига эга бўламиз:

$$Q_{1-2} = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2 C_0}{\varepsilon_2 + \varphi \varepsilon_1 (1 - \varepsilon_2)} \left[ F_1 \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \varphi F_2 \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

ёки

$$Q_{1-2} = \frac{C_0}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \varphi \left( \frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)} \left[ F_1 \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \varphi F_2 \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \quad (е)$$

Коэффициент  $\varphi$  жисмлар температурасига боғлиқ бўлмасдан, фақат уларнинг ўлчамлари ва ўзаро жойлашишига кўра аниқланади. У ҳолда  $T_1 = T_2$  деб қабул қилсак (е) тенгликдан  $\varphi$  ни аниқлаймиз.

$T_1$  ва  $T_2$  бир хил бўлганда  $Q_{1-2} = 0$  ёки  $Q_{1-2}$  ни топиш ифодаси қуйидагича бўлади:

$$Q_{1-2} = C_{1-2} \cdot \left[ F_1 \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \varphi F_2 \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \quad (13)$$

бу ерда:  $C_{1-2}$  - келтирилган нурланиш коэффициенти, қуйидагига тенг:

$$C_{1-2} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{F_1}{F_2} \left( \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_0} \right)} \quad (14)$$

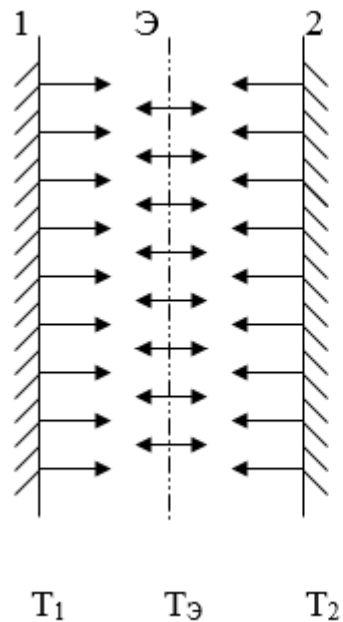
## 5. ЖИСМЛАР ОРАСИДА ЭКРАН БЎЛГАНДА НУРИЙ ИССИҚЛИК АЛМАШИНУВИ

Техниканинг турли соҳаларида нурий оқим билан иссиқлик узатилишини камайтириш талаб қилинади. Масалан, баъзи цехларда юқори

температурали сиртлардан чиқаётган нурлардан ишчиларини химоя қилиш зарур бўлади. Бундай ҳолларда экран ўрнатилиши мумкин. Одатда экран юқори қайтариш хусуятига ( $A \rightarrow O : R \rightarrow 1$ ) эга бўлган юпка металлдан тайёрланиши мумкин (5-расм).

Экран қўйилиши самарадорлигини аниқлаш учун, иккита ясси параллел девор сирти орасига экран қўйилган ҳолатдаги нурий иссиқлик алмашинувини кўриб чиқамиз. Экран ва девор сиртлари бир хил, девор температурали  $T_1$  ва  $T_2$  деворлар ва экраннинг нурланиш коэффициенти ўзаро тенг деб фараз қиламиз.

У ҳолда экрансиз сиртлар, биринчи сирт ва экран, экран ва иккинчи сирт орасидаги келтирилган нурланиш коэффициенти ўзаро тенг бўлади.



**5-расм.**

Экран бўлмаганда бир сиртдан иккинчи сиртга узатилаётган нурланиш оқимининг юза зичлиги қуйидагига тенг:

$$q_0 = C_{1-2} \cdot \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

Биринчи сиртдан экранга узатилаётган нурланиш оқимининг юза зичлиги қуйидагига тенг:

$$q_1 = C_{1-\text{Э}} \cdot \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_3}{100} \right)^4 \right]$$

Экрандан иккинчи сиртга эса:

$$C_{\text{Э-2}} \cdot \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] = C_{\text{Э-2}} \cdot \left[ \left( \frac{T_3}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] =$$

барқарор мувозанат ҳолатда  $q_1 = q_2$ , ва

$$q_2 = C_{\text{Э-2}} \cdot \left[ \left( \frac{T_3}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

бундан:

$$\left( \frac{T_{\text{Э}}}{100} \right)^4 = \frac{\left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 + \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right]}{2}$$

Ҳосил бўлган экран температурасини исталган тенгликка қўйиб, қуйидагига эга бўламиз:

$$q_{1-2} = C_{1-2} \cdot \frac{\left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right]}{2}$$

(а) ва (е) тенгликларни таққосласак, қабул қилинган шартларда битта экран ўрнатилиши нурий иссиқлик беришни икки марта камайтиради:

$$q_{1-2} = \frac{g_0}{2}$$

Шунингдек иккита экран ўрнатилиши нурий иссиқлик беришни уч марта ва  $n$  та экран ўрнатилиши ( $n \ll 1$ ) марта камайтиради. Эcran ўрнатиш самарадорлиги қоралик даражаси кичик материалдан экран ишлатилганда жуда катта бўлади. Масалан, ясси параллел қоралик даражаси  $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon = 0.8$  бўлган (оксидланган темир) системада қоралик даражаси  $\varepsilon_3 = 0.05$  (сайқалланган алюминий) бўлган битта экран ўрнатиш билан бўлса:

$$q_{(1,2)\varepsilon} = \frac{\frac{2}{\varepsilon} - 1}{2\left(\frac{1}{\varepsilon} + \frac{1}{\varepsilon_3}\right)} q_{1,2} = \frac{\frac{2}{0,8} - 1}{2\left(\frac{1}{0,8} + \frac{1}{0,05}\right)} q_{1,2} = 0,037 q_{1,2}$$

нурий иссиқлик оқими зичлиги 27 баробар камаяди.

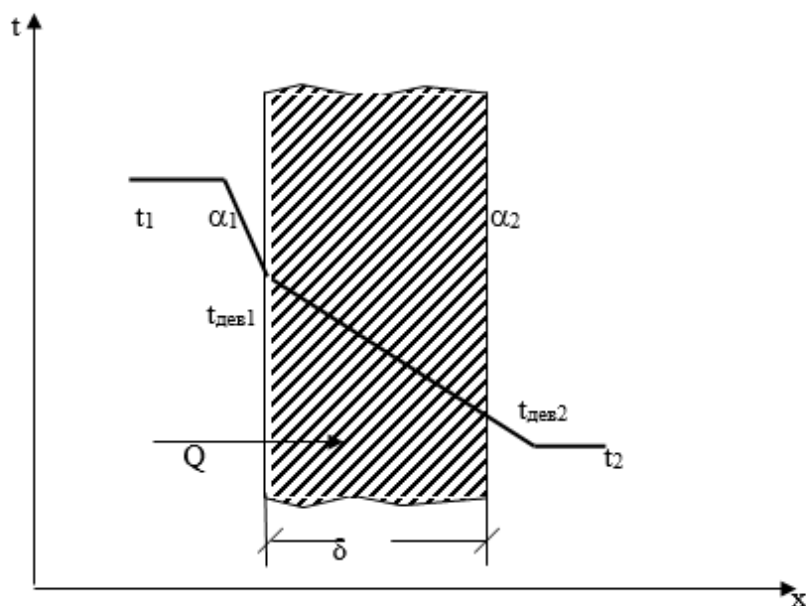
## 6. ГАЗ ВА БУҒЛАРНИНГ НУРЛАНИШИ

Турли газларнинг нурланиш (нур чиқариш) ва нур ютиш хусусиятлари турлича бўлади. Масалан, бир ва икки атомли газлар (водород, кислород, азот, гелий ва бошқалар) иссиқлик нурларини амалда ўтказида. Уч ва кўп атомли газлар (карбонат ангидрид, сув буғи, аммиак ва бошқалар) нинг нурланиш ва нур ютиш хусусиятлари анча кучли бўлиб, бундан амалда кенг фойдаланилади. Ёқилғи ёнишидан ҳосил бўладиган уч атомли газларнинг юқори температураларда нурланиши иссиқлик алмашинуви қурилмаларини ишлатишда муҳим аҳамиятига эга.

Агар қаттиқ жисмлар нур энергиясини фақат сиртига ютса ва сиртидан нурлантурса, газлар бутун ҳажмига ва тўлқин узунлигининг муайян интервалидаги нурларнигина ютади ва чиқаради. Шундай қилиб, уларнинг нурланиш ва ютиш спектрлари танловчи характерда бўлади. Спектрнинг кўпчилик қисмида газлар иссиқлик нурларини ўтказида.

## 7. ЯССИ ДЕВОР ОРҚАЛИ ИССИҚЛИК УЗАТИШ

Температураси  $t_1$  бўлган иссиқ муҳитдан температураси  $t_2$  бўлган совик муҳитга қалинлиги  $\delta$ , иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти  $\lambda$  бўлган бир қатламли ясси девор орқали иссиқлик узатиш жараёнини кўриб чиқамиз.



14.1-расм.

калинлиги  $\delta$ , иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти  $\lambda$  бўлган бир катламли ясси девор орқали температураси  $t_1$  бўлган иссиқ муҳитдан температураси  $t_2$  бўлган совиқ муҳитга иссиқлик узатиш жараёнини кўриб чиқамиз. Бунда иситувчи муҳитдан иситилаётган муҳитга девор орқали ўтадиган иссиқлик оқими  $Q$  ва девор сиртларининг температуралари  $t_{\text{дев1}}$  ва  $t_{\text{дев2}}$  ни аниқлаш талаб этилади.

Иссиқлик узатиш мураккаб жараён бўлиб, бунда иссиқлик барча усулларда яъни, иссиқлик ўтказувчанлик, конвекция ва нурланиш усулида узатилади. Бу иссиқлик узатиш жараёни уч қисмдан иборат бўлади. Биринчи қисм - иссиқликни конвекция усулида иссиқ муҳитдан деворга берилиши. Конвекция бир вақтнинг ўзида иссиқлик ўтказувчанлик ва нурланиш билан бирга кузатилади. Иккинчи қисм - девор орқали иссиқлик ўтказувчанлик. Учинчи қисм - иссиқликни конвекция усулида иккинчи сиртдан совиқ муҳитга берилиши. Бу жараёнда ҳам конвекция, иссиқлик ўтказувчанлик ва нурланиш билан бирга кузатилади.

Иссиқ муҳитдан деворга конвектив иссиқлик алмашиниши усулида бериладиган иссиқлик миқдори Ньютон-Рихман қонунига кўра қуйидаги тенгликдан топилади:

$$Q = \alpha_1 F (t_1 - t_{\text{дев1}}) \quad (14.1)$$

бу ерда:  $\alpha_1$  - иссиқ мухитдан девор сиртига иссиқлик бериш коэффициенти;  
 $F$  - ясси сирт юзаси;

Иссиқлик ўтказувчанлик усулида ясси девор орқали ўтадиган иссиқлик оқими қуйидаги тенгликдан топилади:

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} F (t_{\text{дес}1} - t_{\text{дес}2}) \quad (14.2)$$

Деворнинг иккинчи сиртидан совиқ мухитга иссиқликнинг конвектив усулда берилиши Ньютон -Рихман формуласига кўра топилади:

$$Q = \alpha_2 F (t_{\text{дес}2} - t_2) \quad (14.3)$$

бу ерда  $\alpha_2$ - деворнинг иккинчи сиртидан совиқ мухитга иссиқлик бериш коэффициенти.

Барқарор режимда (14.1), (14.2) ва (14,3) тенгликларидаги иссиқлик оқими  $Q$  бир хил бўлади. Бу уч тенгликни температуралар фарқига кўра ечиб қуйидагига эга бўламиз:

$$\left. \begin{aligned} t_1 - t_{\text{дес}1} &= \frac{Q}{\alpha_1 F} \\ t_{\text{дес}1} - t_{\text{дес}2} &= \frac{\delta Q}{\lambda F} \\ t_{\text{дес}2} - t_2 &= \frac{Q}{\alpha_2 F} \end{aligned} \right\}$$

Бу тенгликларни бир-бирига қўшиб, тўлиқ температура босимини оламиз:

$$t_1 - t_2 = \frac{Q}{F} \left[ \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right] \quad (14.4)$$

бундан иссиқлик оқимининг катталигини топамиз:

$$Q = \frac{F(t_1 - t_2)}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (14.5)$$

ёки иссиқлик оқимининг зичлиги:

$$q = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

(14.5) тенгликдаги  $\frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$  катталиқ К ҳарфи билан белгиланиб,

Вт/(м<sup>2</sup>к) да ўлчанади ва иссиқлик узатиш коэффициентини дейилади.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (14.6)$$

у ҳолда  $Q = KF(t_1 - t_2)$  ёки  $q = K(t_1 - t_2)$  (14.7)

Ҳосил қилинган (14.7) тенглик иссиқлик узатишнинг асосий тенгламаси дейилади.

Иссиқлик узатиш коэффициентини сон жиҳатдан бир бирлик девор сиртидан температуралари фарқи 1<sup>0</sup> бўлган иссиқ муҳитдан совиқ муҳитга узатиладиган иссиқлик оқимининг қийматиغا тенг бўлади.

Иссиқлик узатиш коэффициентига тескари катталиқ иссиқлик узатилишининг термик қаршилиги дейилади:

$$R = \frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (14.8)$$

бу ерда:  $\frac{1}{\alpha_1}$  ва  $\frac{1}{\alpha_2}$  - ташқи термик қаршилиқ;

$\frac{\delta}{\lambda}$  - деворнинг ички термик қаршилиги.

Кўп қатламли ясси девор орқали иссиқлик узатилганда ҳар бир қатламнинг термик қаршилиги қўшиб ҳисобланади:

$$R = \frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}$$

у ҳолда кўп қатламли ясси девор учун иссиқлик узатиш коэффициентини қуйидаги тенгликдан топилади:

$$K = \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (14.9)$$

Кўп қатламли ясси девор учун (14.7) тенгликка кўра иссиқлик узатиш тенгламасини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$Q = \frac{F(t_1 - t_2)}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}; \quad q = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}; \quad (14.10)$$

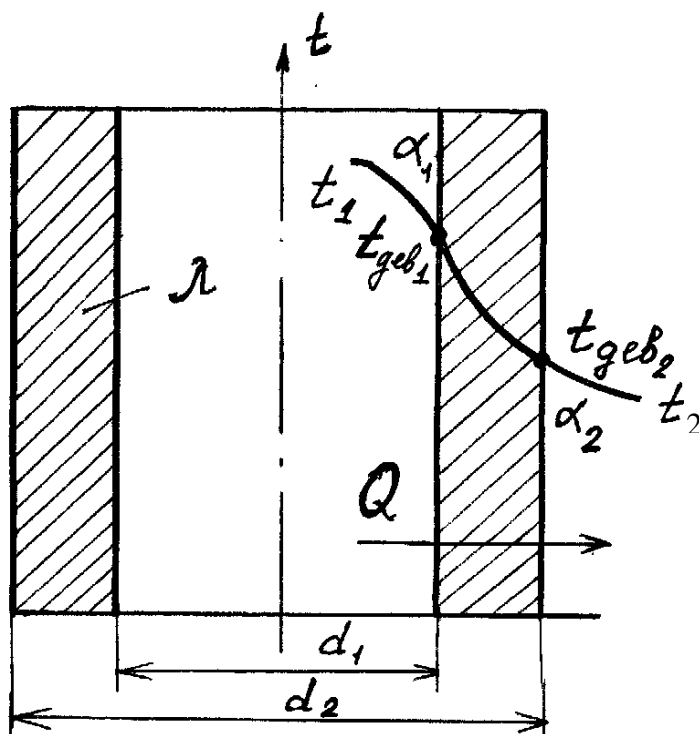
Ясси девор сиртидаги температуралар қуйидаги формулалар ёрдамида аниқланади:

$$\left. \begin{aligned} t_{\text{дес1}} &= t_1 - \frac{Q}{\alpha_1 F} \\ t_{\text{дес2}} &= t_{\text{дес1}} - \frac{\delta Q}{\alpha_2 F} \\ t_{\text{дес2}} &= t_2 + \frac{Q}{\alpha_2 F} \end{aligned} \right\} \quad (14.11)$$

## 8. ЦИЛИНДРИК ДЕВОР ОРҚАЛИ ИССИҚЛИК УЗАТИШ

Иссиқ муҳитдан совиқ муҳитга цилиндрик девор орқали узатилаётган иссиқлик миқдори ясси девор учун топилган услубда топилади.

Айтайлик, диаметри узунлигидан жуда кичик бўлган қувур ичидан иссиқ суюқлик ёки газ ўзгармас  $t_1$  температурада ҳаракат қилсин. қувур атрофидаги совиқ муҳитнинг температураси ўзгармас ва  $t_2$  га тенг бўлсин (14.2-расм).



14.2-расм.

кувур девори бир қатламли бўлиб, иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти  $\lambda$ , ички диаметри  $d_1$  ташқи диаметри  $d_2$  га тенг. Иссиқ муҳитнинг деворга иссиқлик бериш коэффиценти  $\alpha_1$  ва девор сиртидан совиқ муҳитга иссиқлик бериш коэффиценти  $\alpha_2$ . Девор сиртларининг номаълум температуралари  $t_{\text{дев1}}$  ва  $t_{\text{дев2}}$ .

Барқарор режимда иссиқ муҳитдан девор сиртига бериладиган, девор орқали ўтадиган ва девор сиртидан совиқ муҳитга бериладиган иссиқлик оқими ўзгармас ва бир-бирига тенг бўлади. У ҳолда иссиқлик оқими учун қуйидаги учта тенгликни ёзишимиз мумкин:

$$\left. \begin{aligned}
 Q &= \alpha_1 \pi d_1 l (t_1 - t_{\text{дев1}}) \\
 Q &= \frac{\pi l}{\left(\frac{1}{2\lambda}\right) \ln \frac{d_2}{d_1}} (t_{\text{дев1}} - t_{\text{дев2}}) \\
 Q &= d_2 \pi l \alpha_2 (t_{\text{дев2}} - t_2)
 \end{aligned} \right\} \quad (14.12)$$

Бу тенгликлар системасини температуралар фарқига кўра ечиб ва кўшиб қуйидаги тенгликни ҳосил қиламиз:

$$Q = \frac{\pi l(t_1 - t_2)}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}} \quad (14.13)$$

бу ерда:

$$\frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}} = K_u$$

чизиқли иссиқлик узатиш коэффициентини дейилади ва бирлиги  $\left[ \frac{Вт}{м \cdot К} \right]$  бўлади.

Цилиндрик девор орқали узатилаётган иссиқлик оқимининг зичлиги:

$$q_u = \frac{Q}{l} = K_u \pi (t_1 - t_2)$$

Чизиқли иссиқлик узатиш коэффициентининг сон қиймати 1 м узунликдаги қувурдан температуралари фарқи  $1^0$  бўлган иссиқ муҳитдан совиқ муҳитга узатиладиган иссиқлик оқимининг қийматига тенг бўлади. Шунинг учун (14.12) тенгликни қуйидагича ёзишимиз керак:

$$Q = K_u \pi l (t_1 - t_2) \quad (14.14)$$

Кўп қатламли цилиндрлик девор орқали иссиқлик узатилганда , иссиқлик оқими қуйидаги тенгликдан топилади:

$$Q = \frac{\pi l(t_1 - t_2)}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda_i} \cdot \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 d_{n+1}}} \quad (14.15)$$

Деворнинг ички ёки ташқи сиртига қаратилган иссиқлик оқимининг зичлиги қуйидаги тенгламалар ёрдамида топилади:

$$q_{u1} = \frac{Q}{\pi d_1 l} = \frac{K_u}{d_1} (t_1 - t_2) \quad q_{u2} = \frac{Q}{\pi d_2 l} = \frac{K_u}{d_2} (t_1 - t_2)$$

Чизикли иссиқлик узатиш коэффициентига тескари бўлган  $1/K_{\text{ц}}$  катталиқ, цилиндрик девор орқали умумий чизикли термик қаршилиқ дейилади:

$$R_{\text{ц}} = \frac{1}{K_{\text{ц}}} = \frac{1}{\alpha_1 d_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda_i} \cdot \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 d_{n+1}} \quad (14.16)$$

бу ерда:  $\frac{1}{\alpha_1 d_1}$  ва  $\frac{1}{\alpha_2 d_{n+1}}$  ташқи термик қаршилиқ;

$\sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda_i} \cdot \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}$  кўп қатламли цилиндрик деворнинг ички термик қаршилиғи;

$R_{\text{ц}}$  – нинг бирлиги  $\left[ \frac{(M \cdot K)}{Bm} \right]$

Ички сиртнинг температураси қуйидаги формула билан аниқланади:

$$t_{\text{дес1}} = t_1 - \frac{Q}{\alpha_1} \cdot \pi l d_1 \quad (14.17)$$

Ташқи сиртнинг температураси:

$$t_{\text{дес2}} = t_2 - \frac{Q}{\alpha_2} \cdot \pi l d_{n+1} \quad (14.18)$$

## **СИНОВ САВОЛЛАРИ:**

1. Нурий иссиқлик алмашинуви.
2. Киррхгоф қонуни.
3. Стефан – Больцман қонуни.
4. Жисмлар орасидаги нурий иссиқлик алмашинуви.
5. Газ ва буғларнинг нурланиши.
6. Нурланиш.
7. Планк қонуни.
8. Бири иккинчисини ичида жойлашган жисмлар орасида иссиқлик алмашинуви.
9. Жисмлар орасида экран бўлганда нурий иссиқлик алмашинуви.
10. Нурланишнинг бурчак коэффициенти.

## **ТАЯНЧ ИБОРАЛАР**

Нурий иссиқлик алмашинуви, электр магнитавий тўлқинлар, иссиқлик нурланиши, абсолют қора жисм, абсолют оқ жисм, абсолют тиниқ жисм, кул ранг жисм, Кирхгоф қонуни, Планк қонуни, Стефан – Больцман қонуни, қоралик даражаси, нурланиш коэффициенти.