

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті

Металлургиялық процестер, жылутехникасы және арнайы материалдардың технологиялары кафедрасы

Жылутехникасы және термодинамика

Мамандық – 5В070200

“Автоматтандыру және басқару”

Дәріс оқушы:

Т.ғ.к., МПЖжАМТкаф. доценті

Баймаханова С.Б.

Алматы, 2015

Жылуалмасу теориясының негізгі ережелері. Жылудың жылуөткізгіштікпен берілуі

Дәріс жоспары

- 1 Жылуөткізгіштік және жылуөткізгіштік коэффициенті;
- 2 Фурье заңы;
- 3 Жылуөткізгіштіктің дифференциалдық теңдеуі;
- 4 Орнықты және орнықсыз режимдегі жылуөткізгіштік;
- 5 Термиялық жұқа денелерді қыздыру және суыту.

Жылуалмасу теориясының негізгі ережелері

- *Жылуалмасу туралы ілім* – бұл жылудың таралу процестері туралы ілім.
- Жылу энергиясы, кез-келген басқа энергия сияқты, жоғарғы потенциалдан төменгіге бағыттталып беріледі. *Жылу энергиясының потенциалы температура* болатындықтан, жылудың таралу процесі температураның бөлінуімен тығыз байланысты, яғни температуралық өріспен.
Температуралық өріс – температуралардың кеңістіктегі және сол уақыттағы мәндерінің жиынтығы.
- Жалпы жағдайда температура t кеңістіктің кез келген нүктесінде x, y, z координаталарының және уақыттың τ функциясы болып табылады, демек, температуралық өрістің теңдеуі келесідей болады:

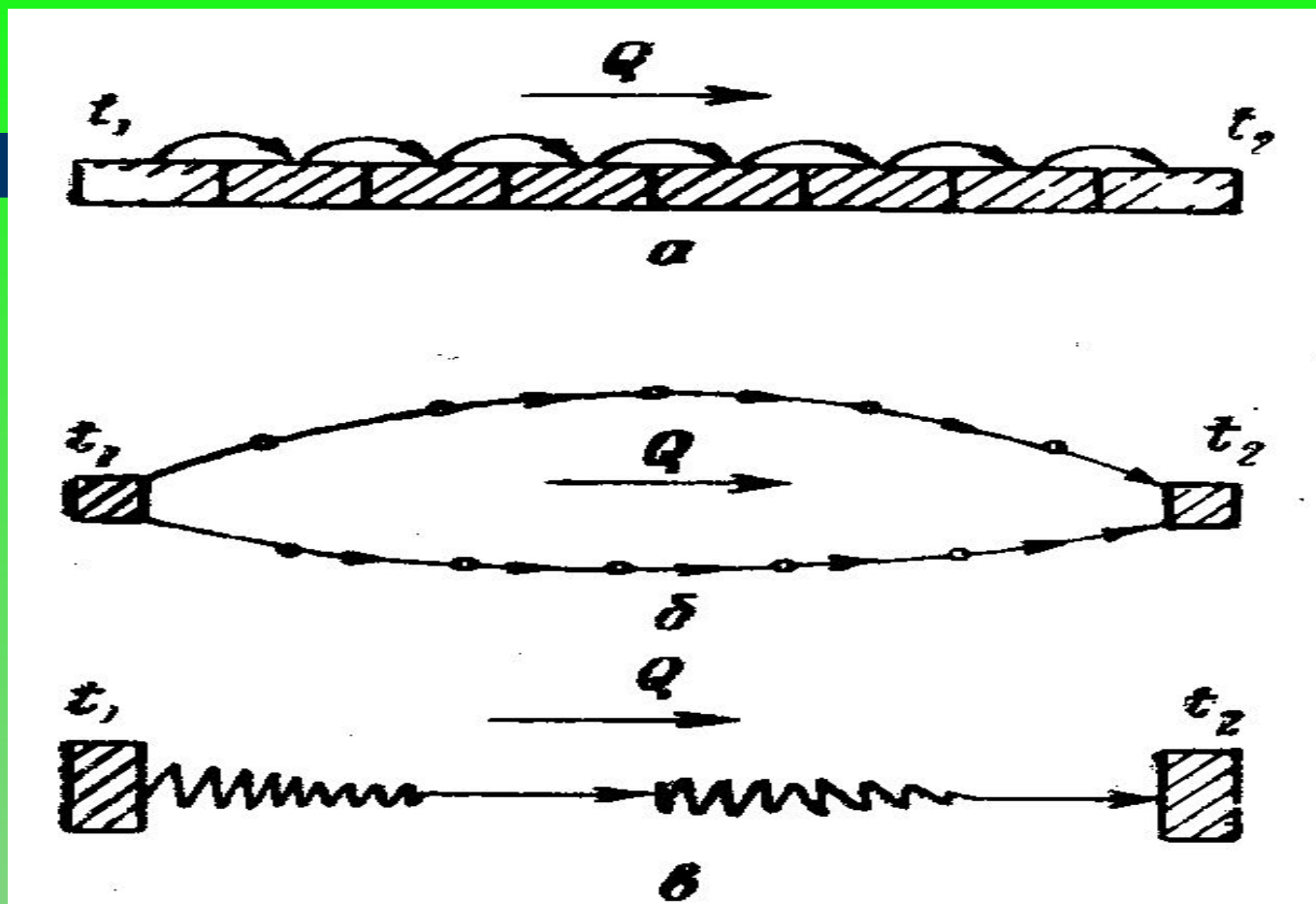
$$t = f(x, y, z, \tau).$$

Уақыттың өзгеруімен температура да өзгередітін өріс **орнықтама** немесе **стационарлық** емес деп, ал уақыт бойында температура өзгермейтін өріс **орнықтама** немесе **стационарлық** деп аталады және оның теңдеуі:

$$t = f(x, y, z).$$

- Температуралық өрістің ең қарапайым жағдайы стационарлық, бірімді өріс өріс болып табылады, теңдеуі келесі түрде жазылады:
$$t = f(x).$$
- Орнықтама температуралық өріс жағдайында жылудың берілуі *орнықтама режим кезіндегі жылу беріліс* деп, ал орнықтама өріс жағдайындағы – *орнықтама режим кезіндегі жылу беріліс* деп аталады.
- Жылу алмасу процесі – күрделі процесс, ол жылу алмасудың үш түрінен тұрады – жылу өткізгіштіктен, конвекциядан және жылулық сәулеленуден (сәуле шығару)

Жылуберілістің түрлері



а – жылуөткізгіштік; б – конвекция; в – сәулелену

Жылуөткізгіштік

- Тепе-теңдік күйде заттың температурасы бүкіл көлемінің барлық бөліктерінде бірдей. Бұл бүкіл заттағы бөлшектер энергиясының бірдейлігін көрсетеді.

$$T = T$$

- Егер заттың бір бөлігін қыздырсақ тепе-теңдік бұзылады және температураның теңесу процесі басталады

$$T \leftarrow T$$



Жылу өткізгіштік

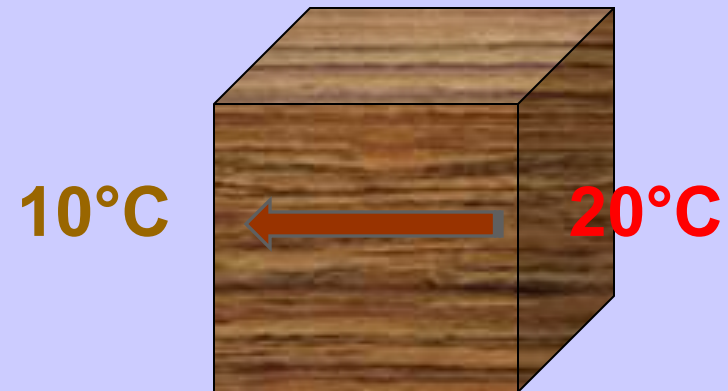
- ✓ Бұл материалдың өзінің қалыңдығы арқылы бір беттіктен екінші беттікке жылуды тасу қасиеті, егер температуралар айырмасы болса.



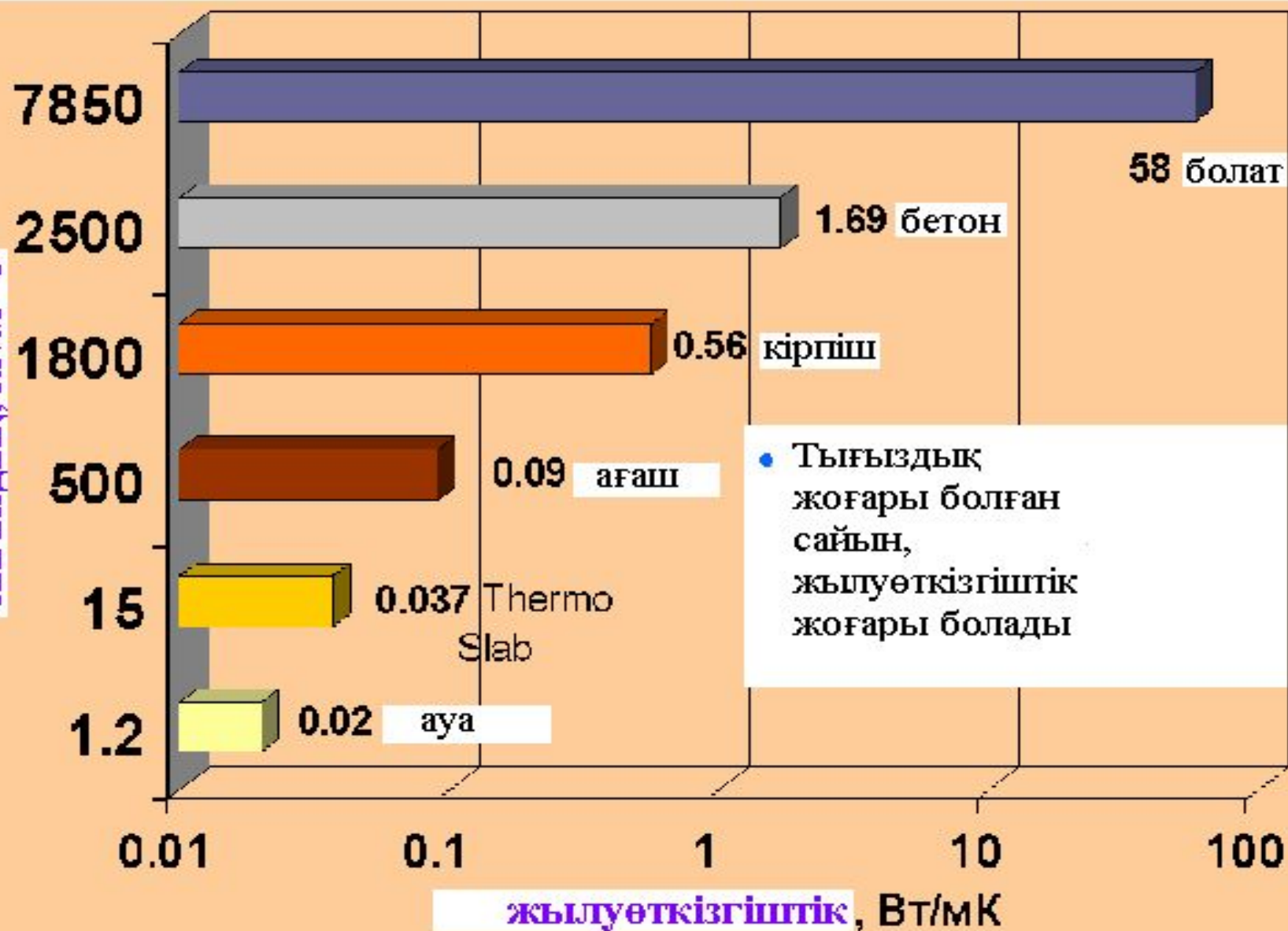
Тәуел

- кеуектілікке
- ылғалдыққа
- көлемдік салмаққа (тығыздыққа)

□ Жылу өткізгіштік сәулелену сияқты БАРЛЫҚ БАҒЫТТА жүреді



ТЫҒЫЗДЫҚ, КГ/М³



Қатты денелерде жылудың жылуөткізгіштікпен таралуын зерттей отырып, Фурье келесі заңды ашты: «Берілген жылудың мөлшері температура құламасына, уақытқа және жылудың таралу бағытына перпендикуляр қима ауданына пропорционал».

Жылу ағыны үшін Фурье заңының математикалық өрнегі:

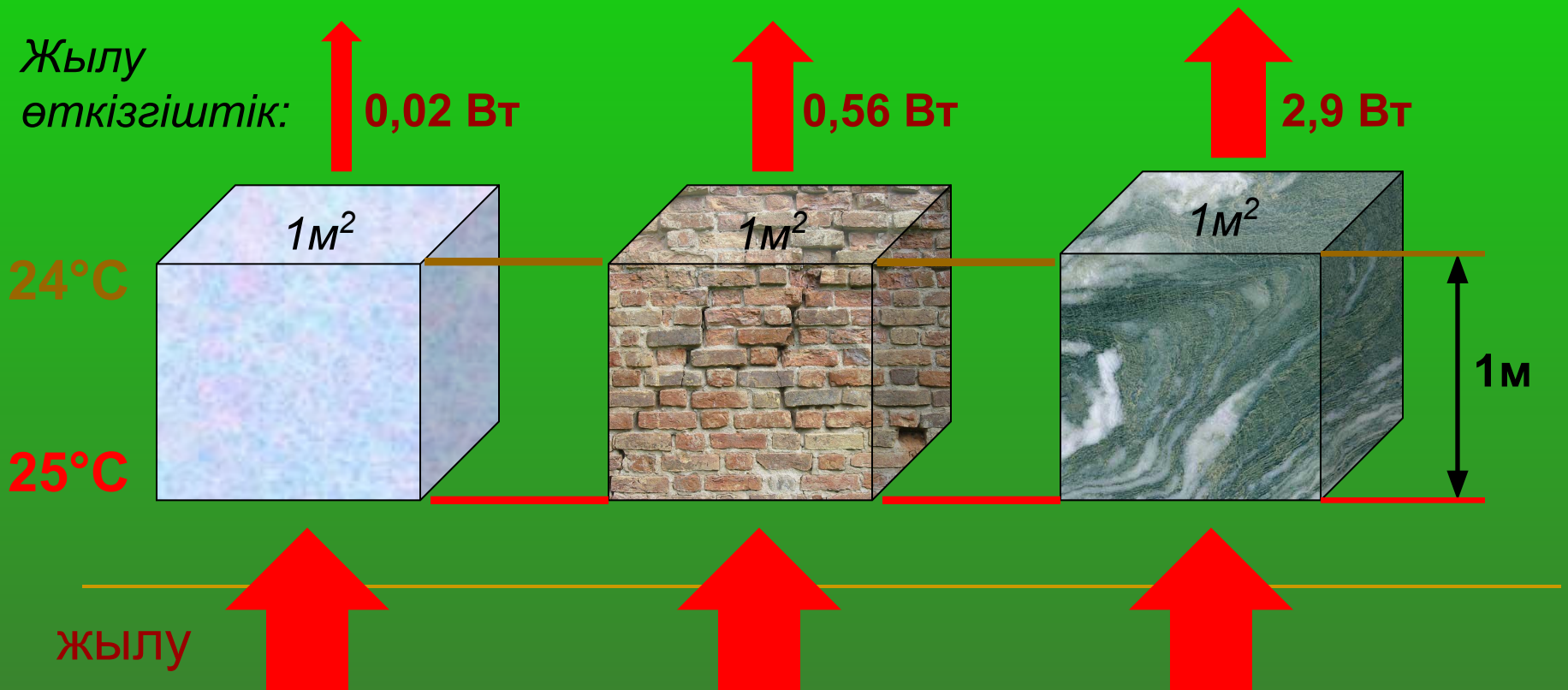
$$\vec{q} = -\lambda \cdot \text{grad } t$$

Өрнектегі пропорционалдық көбейткіші λ , *жылуөткізгіштік коэффициенті* деп аталады, ол заттың физикалық қасиетін көрсетеді және оның жылуды өткізу қабілеттілігін сипаттайды:

$$\lambda = -\frac{|\vec{q}|}{\text{grad } t} = \frac{Q}{F\tau\Delta t / t}, \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$$

Материалдың жылуөткізгіштігі жылуөткізгіштік коэффициентімен λ , Вт/(м С°) сипатталады:

бұл қалыңдығы 1 м және ауданы 1 м^2 материал арқылы 1 сағатта, қарсы беттердегі температуралар айырмасы 1°С кезінде өтетін жылудың мөлшері.



Жылу өткізгіштіктің дифференциалдық теңдеуі

- Теңдеу, дене біртекті және изотропты (физикалық қасиеттері бірдей) деп есептеп, энергияның сақталу заңынан шығарылады. Физикалық параметрлер ρ , λ , c – тұрақты.
- Энергияның сақталу заңына сәйкес элементарлық көлемге сырттан жылу өткізгіштікпен dt уақыт ішінде енетін барлық жылу, осы көлемдегі заттың ішкі энергиясын өзгертуге кетеді:

$$dQ_{\lambda} = dU$$

Жылу өткізгіштік теңдеуінің ең жалпы түрі

$$\left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) \cdot a = \frac{\partial t}{\partial \tau}$$

мұндағы a – температура өткізгіштік коэффициенті, заттың физикалық параметрі, m^2/s ;

$$a = \frac{\lambda}{\rho c}$$

- Теңдеу бойынша – уақыт бойындағы температура өзгерісі дененің кез-келген нүктесі үшін a шамасына пропорционал.

$$\frac{dt}{d\tau} = a \nabla^2 t + q_u$$

Жылуөткізгіштік теориясының негізгі есебін шешу үшін, яғни температураның денеде таралуы мен оның уақыт бойында өзгерісін анықтау үшін, алдымен, осы жағдайдағы жылуөткізгіштік теңдеуінің нақты нысанын (сызықты немесе сызықсыз, біртекті немесе біртексіз, екі мөлшерлі немесе үш мөлшерлі) білу қажет. Сызықсыз теңдеу жағдайында тәуелділіктің нақты түрін де, ал біртексіз теңдеу кезінде – көздердің таралу функциясын $qv(x, y, z, t)$ білу қажет. Осы көп шешімнің ішінен, берілген сыныптың бірлік құбылысына сәйкесті біреуін бөліп алу үшін бірімәнділік шартын беру керек

Бірімәнділік шарттары

- Геометриялық – процесс өтетін дененің формасы мен мөлшерін сипаттайды;
- Физикалық – денелердің физикалық қасиеттерін сипаттайды;
- Уақыттық – уақыттың басталу кезеңіндегі температураның таралуын сипаттайды;
- Шекаралық – денелердің қоршаған ортамен өзара әрекеттесуін сипаттайды.

Шекаралық шарттар үш негізгі әдістермен беріледі

1. бірінші текті шекаралық шарт (бірінші шектік шарт). Бұл кезде дененің бүкіл беттігінде температураның таралуы мен осы таралудың уақыт бойындағы өзгерісі беріледі, яғни келесі функция:

$$T_{\kappa} = f(x, y, z, t).$$

Жеке жағдайларда бұл температура уақыт бойында тұрақты бола алады, сонымен қатар дененің бүкіл беттігінде өзгеріссіз болады;

- екінші текті шекаралық шарт (екінші шектік шарт). Бұл кезде дененің бүкіл беттігі бойынша жылу ағыны тығыздығының таралуы мен осы таралудың уақыт бойындағы өзгерісі беріледі. Фурье постулатын ескере отырып, екінші шекаралық шартты жазуға болады:

$$-\lambda(\partial T/\partial n)_w = q_w(x, y, z, t),$$

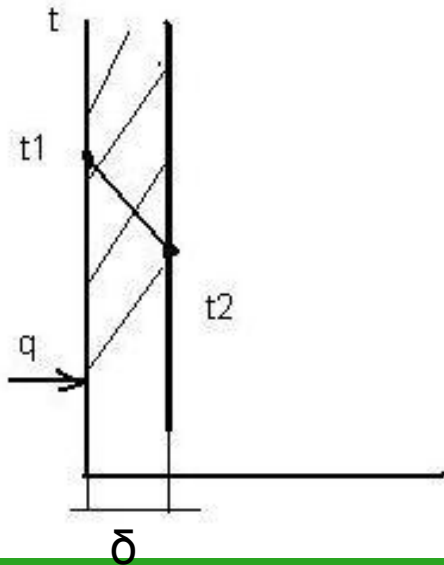
мұндағы n – дене беттігіне нормаль бойында бағытталған координата.

- Екінші текті шекаралық шарттың берілуі дене беттігіне температура градиентінің мәнін беруді көрсетеді. Жеке жағдайларда беттіктегі жылу ағынының тығыздығы уақыт бойында тұрақты бола алады, сонымен қатар дененің бүкіл беттігінде өзгеріссіз болады;

- үшінші текті шекаралық шарт (аралас шектік шарт). Бұл жағдайда қоршаған ортаның температурасы немесе сыртқы жылу көзі (ағыны) және орта мен дене беттігі арасындағы жылуалмасу заңы беріледі. Үшінші текті шекаралық шарт тәжірибеде жиі кездеседі. Бұл кезде қоршаған ортаның белгілі температурасы мен дене бетінің белгісіз температурасы және беттіктегі температура градиенті арасындағы байланыс беріледі. Демек, үшінші текті шекаралық шарт теңдеу түрінде тұжырымдалады, ондағы белгілі шамалар жылуберу коэффициенті, орта температурасы және дененің жылуөткізгіштік коэффициенті болады. Уақыттың және дене бетіндегі координаталардың белгісіз функциялары болып температура мен оның градиенті табылады. Жалпы жағдайда жылуберу коэффициенті мен орта температурасы ауыспалы бола алады, бірақ міндетті түрде уақыт пен координаталардың берілген функциясы болады.

Жалпақ қабырға арқылы жылудың өтуі

Стационарлық жағдайларда, у және z осьтері бағытында шексіз бойлықтағы, бірақ x осы бағытында түпкілікті қалыңдығы бар пластина үшін, сонымен қатар бірінші текті шекаралық шартты орындау кезінде, пластина арқылы өтетін жылу ағынының тығыздығын теңдеумен анықтауға болады



- δ -қабырға қалыңдығы;
- $t_1 > t_2$ -сыртқы беттіктердегі температура;
- $\lambda = \text{const}$; Орныққан режим

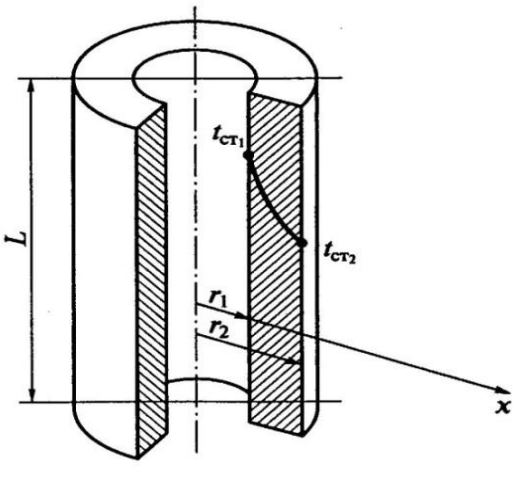
Орныққан процесс үшін бірқабатты жалпақ қабырғаның жылуөткізгіштік теңдеуі:

$$Q = \frac{t_1 - t_2}{\frac{\delta}{\lambda}} F$$

Көпқабатты жалпақ қабырға үшін жылуөткізгіштік теңдеуі:

$$Q = \frac{t_1 - t_i}{\sum \left(\frac{\delta_i}{\lambda_i} \right)} F$$

Цилиндрлік қабат қалыңдығында температураның таралуы



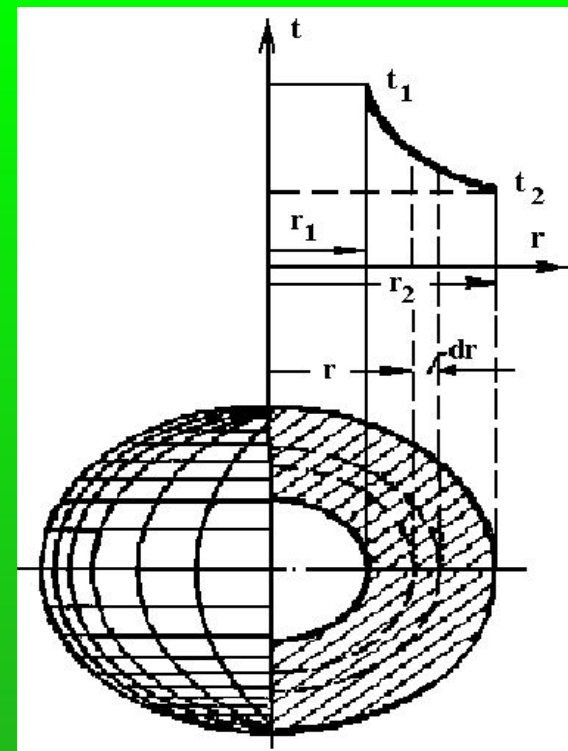
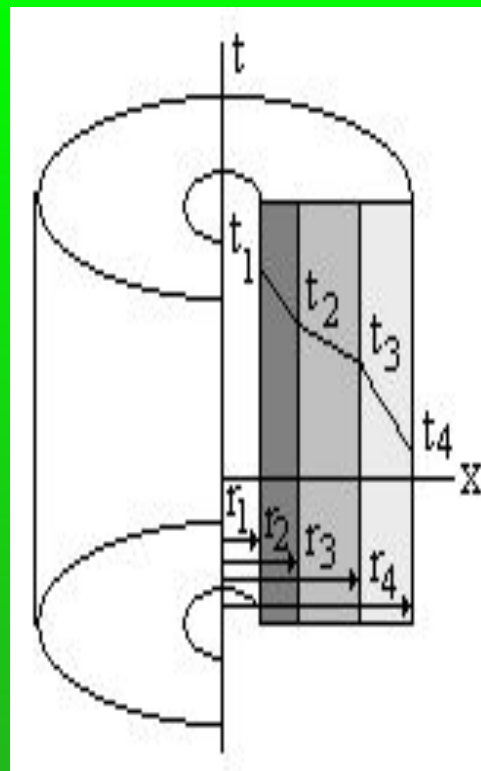
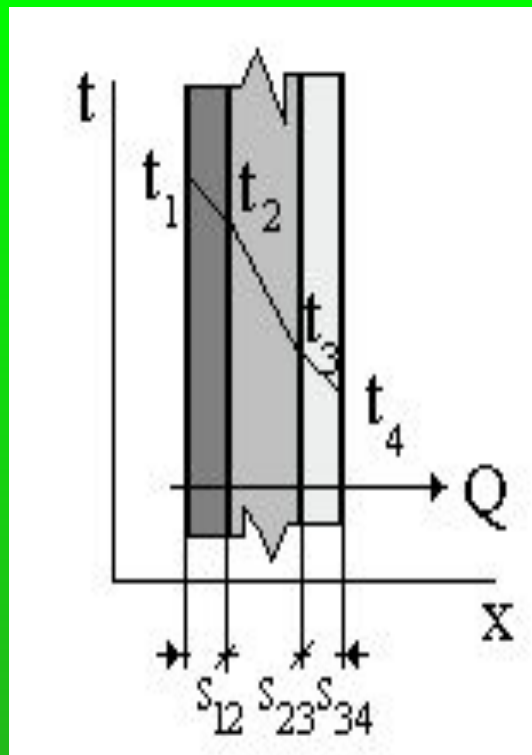
Бірқабатты цилиндр қабырға үшін жылуөткізгіштік теңдеуі:

$$q_l = \frac{2\pi(t_1 - t_{n+1})}{\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1}},$$

Көпқабатты цилиндр қабырға үшін жылуөткізгіштік теңдеуі:

$$Q = \frac{\pi \cdot L \cdot \Delta t}{\sum \left(\frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} \right)}$$

Стационарлық емес режим кезіндегі жылуөткізгіштік үшін температура өзгерісі мен дененің әртүрлі нүктесі үшін уақыт бойында берілген жылу мөлшері анықталады



$$Q = \frac{4\pi\lambda(t_1 - t_2)}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)} = \frac{2\pi\lambda\Delta t}{\left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2}\right)} = \pi\lambda\Delta t \frac{d_1 - d_2}{\delta}.$$

$\delta = (d_1 - d_2)/2$ – қабырғаның қалыңдығы

Бақылау сұрақтары:

- Фурье заңының мәні неде?
 - Фурьенің дифференциалдық теңдеуін келтіріңіз, оның физикалық мәнін түсіндіріңіз.
 - Шекаралық шарттардың берілу әдістерін атаңыз.
 - Бірқабатты шексіз пластина үшін жылу ағыны теңдеуін келтіріңіз.
 - Бірқабатты цилиндр қабырға үшін жылу ағыны теңдеуін келтіріңіз.
-