КОНВЕКТИВТІ ЖЫЛУАЛМАСУ

5 дәріс. Көлденең беттер маңындағы және шектелген кеңістіктегі еркін конвекция

Бет бағытының әсері, тұйық қабаттардағы ағыс және балама жылуөткізгіштік

Құрастырған: ф.-м.ғ.к., қауымдастырылған профессор, доцент Исатаев М.С.

Дәрістің мақсаты, нәтижелері және мазмұны

Мақсаты

Көлденең беттердің бағыты жылу беруге қалай әсер ететінін түсіндіру, тұйық қабаттағы конвекцияның басталуын бағалау және балама жылуөткізгіштік арқылы жылу ағынын есептеу.

Оқыту нәтижелері

Көлденең бет бағытының әсерін түсіндіреді.

Тұйық қабаттағы конвекцияның басталуын бағалайды.

Балама жылуөткізгіштік арқылы жылу ағынын есептейді.

Мазмұны

1. Көлденең пластина және Ra саны
2. Шағын Ra кезіндегі жылу беру
3. Тұйық қабаттың орнықтылығы
4. Циркуляция және λбал ұғымы

Көлденең беттің бағыты және жылу беру

Ыстық бет жоғары қарағанда

Қызған жеңіл сұйық жоғары көтеріледі. Бетке салқын сұйық келеді.

Көтеруші күш араласуды күшейтеді, жылу беру қарқынды болады.

Ыстық бет төмен қарағанда

Жеңіл қызған сұйық беттің астында жиналады. Қозғалыс тежеледі.

Жылу беру әлсірейді. Суық бет үшін бағыттардың әсері кері болады.

Бет бағытын температура айырмасының таңбасымен бірге қарастыру қажет.

Көлденең пластинаның анықтаушы шамалары

Сипаттамалық өлшем

$L = A/P$

A — жылу беретін бет ауданы.

P — осы беттің периметрі.

Шаршы бет үшін $L = b/4$.

Өлшемсіз критерийлер

$Ra_L = g\beta|\Delta T|L^3/(va)$

$Nu_L = \alpha L/\lambda$

$T_{film} = (T_к + T_\infty)/2$

Физикалық қасиеттер таңдалған температурада алынады.

Ыстық бет жоғары қарағандағы корреляциялар

$$NūL = 0{,}766\ RaL^{1/5} / B^{4/11}$$

$RaL \le 10^5$ үшін. $B = 1 + (0{,}322/Pr)^{11/20}$. Бет температурасы тұрақты.

$$NūL = 0{,}15\ RaL^{1/3} / B^{20/33}$$

$RaL > 10^5$ үшін. $L = A/P$. Коэффициенттер мен дәрежелер бір корреляциядан алынады.

Корреляцияның геометриясы мен қолданылу аралығы есепте міндетті түрде көрсетіледі.

Релей саны аз болғандағы жылу тасымалы

Жіңішке сым маңында

Ra азайғанда көтеруші күш әлсірейді.

Жылуөткізгіштік әсері басым болады.

L = d, $Nu_d = \alpha d/\lambda$. Диаметрді басқа өлшеммен алмастыруға болмайды.

Дәрістегі жуық бағалау

$Ra_d < 1$: $Nu_d \approx 0{,}5$

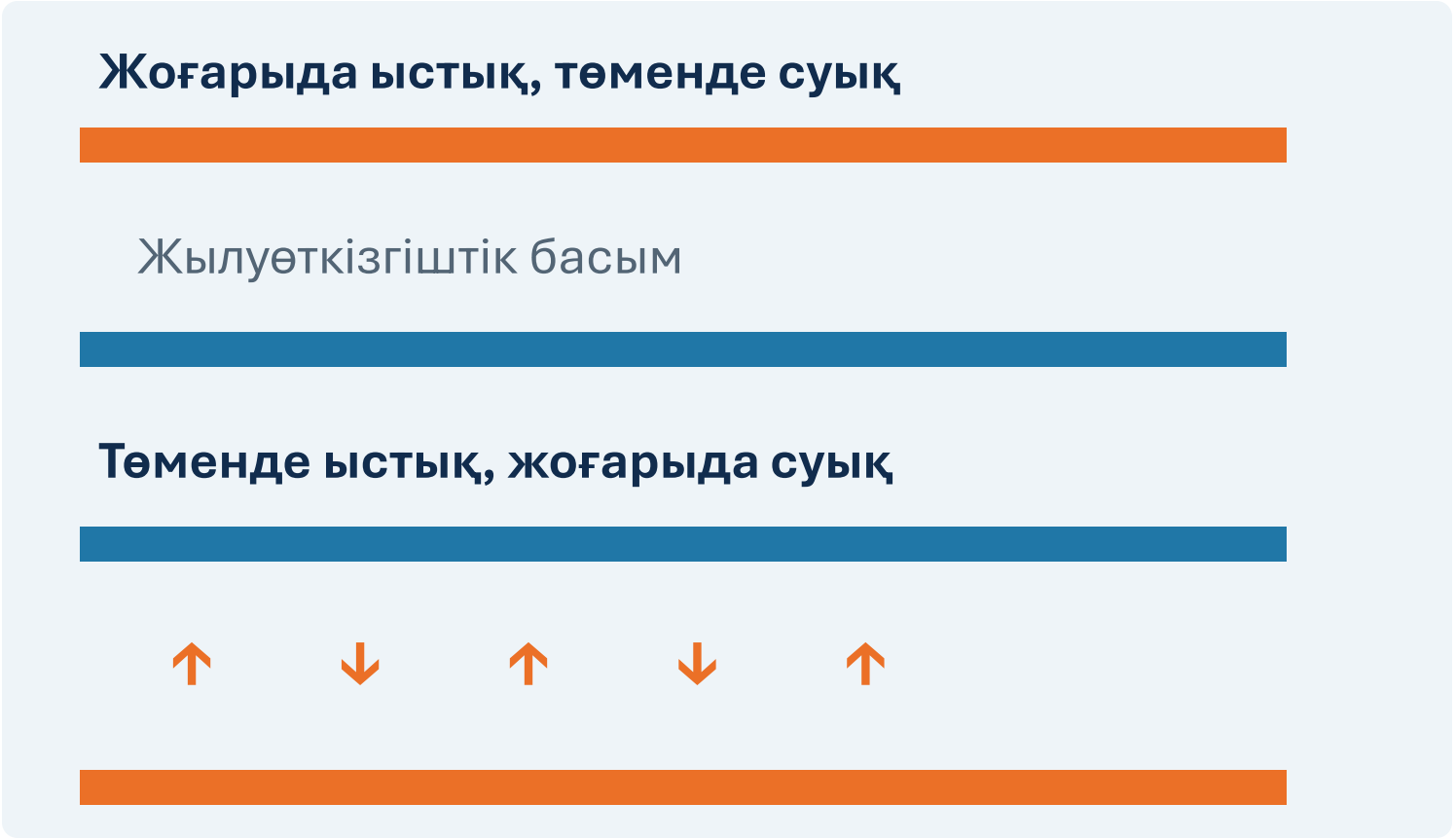
$\alpha \approx 0{,}5\lambda/d$

Өтпелі аймақ үшін:

$Nu_d = 1{,}18\, Ra_d^{1/8}$

Бұл бағалауларды әмбебап заң ретінде қолдануға болмайды.

Көлденең қабаттың орнықтылығы



Екі жағдай

Жоғарыдан қыздыру: орнықты қабат.

Төменнен қыздыру: көтеруші күш ағысты туғызуы мүмкін.

$Ra_\delta = g\beta\Delta T\delta^3/(va)$

Сұлба β > 0 болатын сұйық үшін берілді. Сәулелену жылуөткізгіштік пен конвекциядан бөлек есептеледі.

Конвекцияның басталуы және ұяшықтар

Төменнен қыздырылатын қабат



Көтерілетін және төмендейтін ағындар тұйық циркуляциялық ұяшықтар түзеді.

Шектік Релей саны

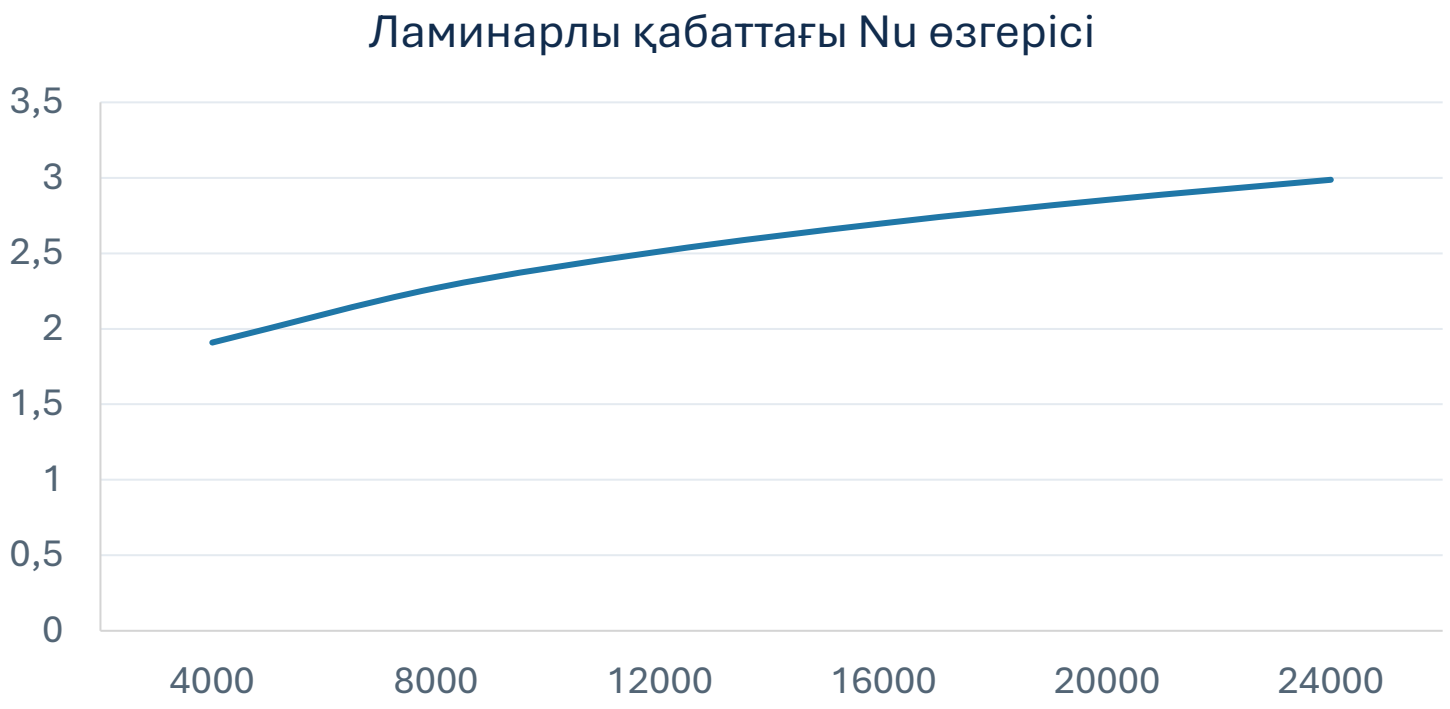
Идеал кең қабатта:

Rакр ≈ 1708

Екі бет қатты және изотермиялық.

Шектеулі өлшем мен бүйір қабырғалар шекті өзгертеді.

Қабаттағы жылу берудің қарқындылығы



Көлденең ось: Raδ; тік ось: Nuδ

Корреляция бойынша есептелген оқу графигі.

Ламинарлы аймақ

$Nu\delta = 0{,}24\ Ra\delta^{1/4}$

$3 \cdot 10^3 < Ra\delta < 2{,}5 \cdot 10^4$

Төменнен қыздырылатын ұзын көлденең қабат.

Қасиеттер орташа температурада алынады.

Балама жылуөткізгіштік коэффициенті

$$q'' = \lambda_{бал}(T_ы - T_с)/\delta$$

δ — қабат қалыңдығы. λбал молекулалық жылуөткізгіштік пен конвекцияның бірлескен әсерін сипаттайды.

$$\lambda_{бал} = \lambda Nu_\delta; \quad Nu_\delta = q''\delta/(\lambda \Delta T)$$

Таза жылуөткізгіштік кезінде Nuδ = 1 және λбал = λ. Конвекция күшейгенде Nuδ өседі.

Балама коэффициент орта материалының тұрақты қасиеті емес, ол қабат режиміне тәуелді.

Тік саңылаулар және практикалық есеп

Тұйық циркуляция

Ыстық қабырға бойымен сұйық жоғары, суық қабырға бойымен төмен қозғалады.

Саңылау ені мен биіктік қатынасы ағыс құрылымына әсер етеді.

Есептеу реті

Геометрия мен қыздыру бағытын анықтау.

Ra, Pr және биіктік/саңылау қатынасын есептеу.

Сол геометрияға жарамды корреляция таңдау. Сәулеленуді бөлек қосу.

Есептеу мысалы және өзіндік тексеру

$Nu_{\delta} = 2{,}4$; $\lambda_{бал} = 0{,}0624$ Вт/(м·К); $q'' = 62{,}4$ Вт/м^2

Оқу мысалы: $Ra_{\delta} = 10^4$, $\lambda = 0{,}026$ Вт/(м·К), $\delta = 0{,}020$ м, $\Delta T = 20$ К. 9-слайдтағы корреляция қолданылды.

Қорытынды

Бет бағыты ағыстың орнықтылығын анықтайды. Тұйық қабатта қарсы ағындар өзара әсерлеседі. Балама жылуөткізгіштік арқылы конвекцияның жылу ағынына әсері ескеріледі.

Бақылау сұрақтары

1. $L = A/P$ қашан алынады?
2. $Ra_{кр}$ нені білдіреді?
3. $\lambda_{бал}$ неге өзгеріп отырады?