КОНВЕКТИВТІ ЖЫЛУАЛМАСУ

6 дәріс. Жазық бетті мәжбүрлі бойлай орай ағу кезіндегі жылу беру

Блазиус және Польгаузен есептері, интегралдық әдіс және турбулентті жылу беру

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

Дәрістің мақсаты, нәтижелері және мазмұны

Мақсаты

Жазық пластинадағы жылдамдық пен температура шекаралық қабаттарын сипаттау, ламинарлы және турбулентті режимдердің жылу беруін есептеу және интегралдық әдістің мағынасын түсіну.

Оқыту нәтижелері

Пластина бойындағы ағыс режимін анықтайды.

Жергілікті және орташа жылу беруді есептейді.

Интегралдық жылулық баланстың мағынасын түсіндіреді.

Мазмұны

1. Ағыс режимі және Re_x саны
2. Блазиус пен Польгаузен есептері
3. Жергілікті және орташа Nu
4. Интегралдық баланс және турбуленттік

Пластина бойындағы ағыс режимдері

Шекаралық қабат

Қабырғада u = 0, ал беттен алыста u = U∞.

Пластина бойымен шекаралық қабат қалыңдайды.

$Re_x = U∞x/v$

Режимнің ауысуы

Алдымен ламинарлы, кейін өтпелі және турбулентті аймақтар қалыптасуы мүмкін.

Өту орны кіріс турбуленттілігіне, кедір-бұдырлыққа және қысым градиентіне тәуелді.

Турбулентті қабатта да қабырға маңында молекулалық тасымал маңызды болып қалады.

Блазиус есебі: гидродинамикалық қабат

Ұқсастық айнымалылары

$\eta = y\sqrt{[U_\infty/(vx)]}$

$\psi = \sqrt{(vU_\infty x)}\, f(\eta)$

$u = U_\infty f'(\eta)$

$f''' + \tfrac{1}{2} f f'' = 0$

Шарттар және нәтиже

$f(0) = f'(0) = 0$

$f'(\infty) = 1$

$\delta_{99} \approx 5x/\sqrt{Re_x}$

$C_{f,x} = 0{,}664/\sqrt{Re_x}$

Қысым градиенті нөл, қасиеттер тұрақты.

Польгаузен есебі: жылулық қабат

$$\theta'' + \tfrac{1}{2} Pr\, f\theta' = 0$$

θ = (T − T∞)/(Тқ − T∞). θ(0) = 1, θ(∞) = 0. Жылдамдық өрісі Блазиус шешімінен алынады.

$$Nu_x = 0{,}332\, Re_x^{1/2} Pr^{1/3}$$

Тқ = const, ламинарлы ағыс. Дәрістегі аралық: 0,6 ≤ Pr ≤ 50. Қасиеттер тұрақты деп алынады.

$Nu_x = \alpha_x x/\lambda$. Жергілікті коэффициент алдыңғы жиектен есептелетін x координатасына тәуелді.

Прандтль саны және қабаттар қалыңдығы

Диффузиялардың арақатынасы

$Pr = \nu/a$

$Pr \gtrsim 0{,}6$ үшін жуық түрде:

$\delta_T/\delta \approx Pr^{-1/3}$

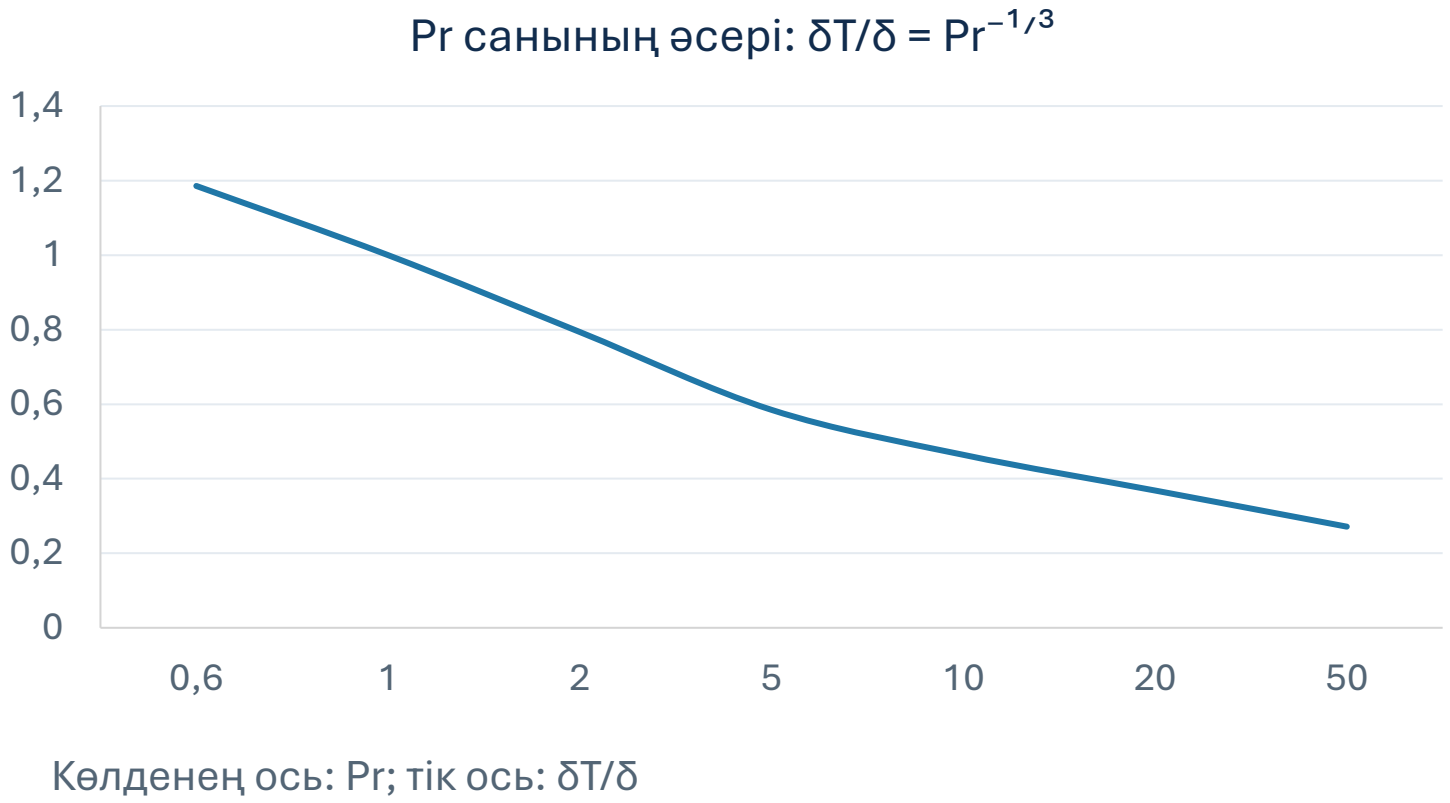
$Pr = 1$ кезінде жылулық және жылдамдық профильдері сәйкес келеді.

Физикалық мағынасы

Pr үлкен болса, жылу импульске қарағанда баяу диффузияланады. Жылулық қабат жұқа болады.

Pr өте аз болғанда жылулық қабат кеңейеді. Қарапайым $Pr^{-1/3}$ жуықтауы шектеледі.

Жылулық қабаттың салыстырмалы қалыңдығы



Оқу графигі 0,6 ≤ Pr ≤ 50 аралығында көрсетілді. Нақты өлшеу деректері емес.

Pr әсері

$\delta T/\delta \approx Pr^{-1/3}$

Pr артқанда жылулық қабаттың салыстырмалы қалыңдығы азаяды.

Бұл — ламинарлы қабаттың жуық байланысы.

Жергілікті және орташа жылу беру

Жергілікті мән

$$Nu_x = 0{,}332\, Re_x^{1/2} Pr^{1/3}$$

Ұзындық бойынша орташа

$$N\bar{u}L = 0{,}664\, ReL^{1/2} Pr^{1/3}$$

$N\bar{u}L = \alpha \text{Г} L/\lambda$

Орташалау

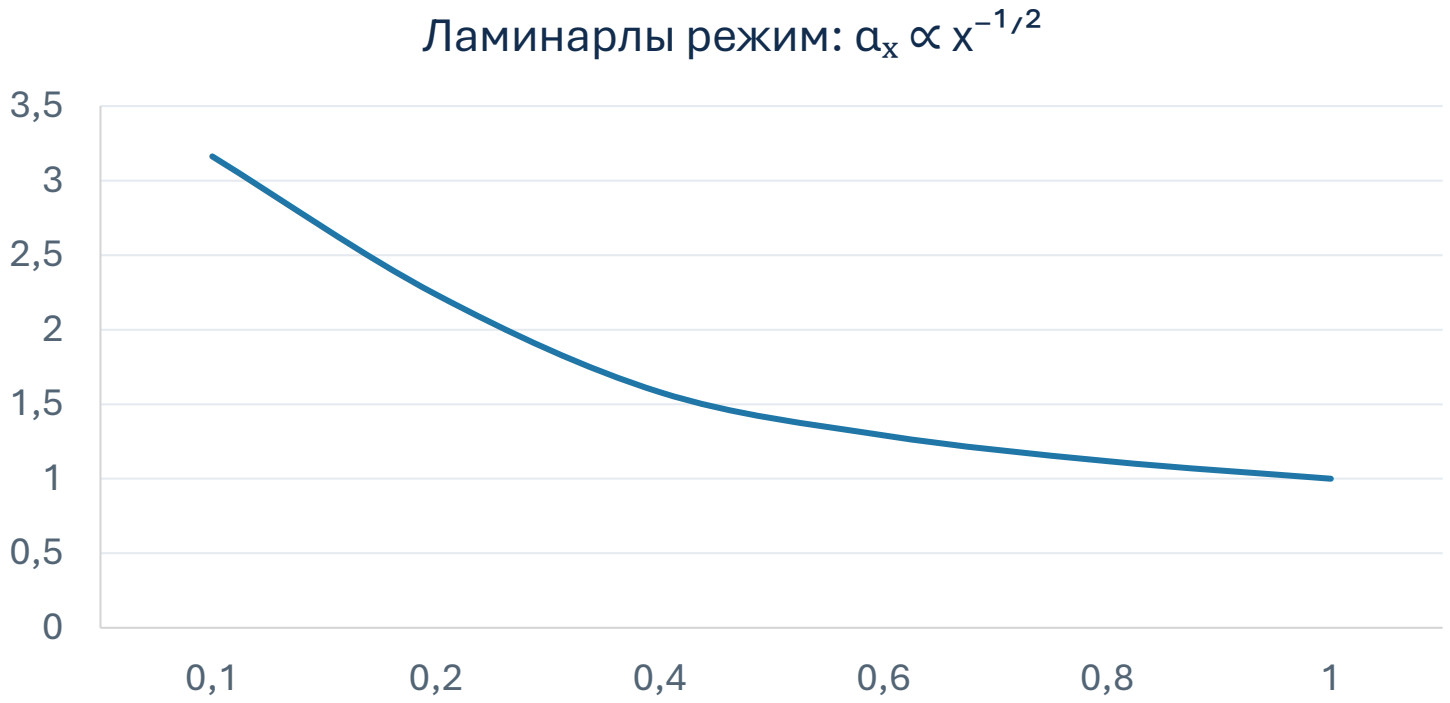
$\alpha_x \propto x^{-1/2}$

$\alpha \text{Г} = (1/L)\int_0^{L} \alpha_x \, dx$

$\alpha \text{Г} = 2\alpha_{x=}{}^{L}$

Шарт: Тқ = const, ламинарлы ағыс.

Жергілікті коэффициенттің өзгерісі



Көлденең ось: x/L; тік ось: $\alpha_x/\alpha L$

Тұрақты қабырға температурасы үшін есептелген оқу графигі.

Алдыңғы жиек

x артқанда α_x азаяды.

$x \to 0$ кезінде идеал модель $\alpha_x \to \infty$ береді.

Нақты жиек геометриясы бұл модельдің қолданылуын шектейді.

Кружилиннің интегралдық жылулық балансы

$$\frac{d}{dx}\int_0^\infty u(T - T_\infty)\,dy = \frac{q''_к}{(\rho c_p)}$$

$q''_к > 0$ — қабырғадан сұйыққа берілетін жылу ағыны. T_∞, ρ және c_p тұрақты, қабырға өткізбейтін.

$$q''_к = -\lambda\left(\frac{\partial T}{\partial y}\right)_к$$

Болжанған профильдерді интегралдық балансқа қойып, жылулық қабаттың қалыңдығы мен жылу беру коэффициентін табады.

Интегралдық әдіс жергілікті өрісті жуықтайды, ал қабат бойынша энергия балансын сақтайды.

Турбулентті қабат және қасиеттер түзетуі

Турбулентті жылу беру

Лүпілдер көлденең жылу тасымалын күшейтеді.

$Nu_x = 0{,}0296\ Re_x^{0{\cdot}^8} Pr^{0{\cdot}^{43}} \varepsilon$

$N\bar{u}L = 0{,}037\ ReL^{0{\cdot}^8} Pr^{0{\cdot}^{43}} \varepsilon$

Орташа формула бүкіл бет турбулентті болғанда қолданылады.

Физикалық қасиеттер

Сұйықтар үшін дәрістегі түзету:

$\varepsilon = (Prсұй/Prқ)^{0{\cdot}^{25}}$

Қасиеттер алынатын температура көрсетіледі.

Өтпелі аймақ болса, оның әсері орташа Nu есебіне енгізіледі.

Есептеу мысалы және өзіндік тексеру

$Re_L = 6{,}25 \cdot 10^4$; $Nu_L \approx 148$; $\bar{\alpha} \approx 20{,}0$ Вт/(м²·К)

Оқу мысалы: $U_\infty = 5$ м/с, $L = 0{,}20$ м, $\nu = 1{,}6 \cdot 10^{-5}$ м²/с, $Pr = 0{,}71$, $\lambda = 0{,}027$ Вт/(м·К). Ламинарлы режим.

Қорытынды

Жылу беру шекаралық қабат режиміне тәуелді. Жергілікті және орташа коэффициенттер ажыратылады. Корреляцияны таңдағанда шекаралық шарттар мен қасиеттердің температурасын ескеру қажет.

Бақылау сұрақтары

1. Re_x қалай анықталады?
2. Pr қабаттарға қалай әсер етеді?
3. $\alpha L = 2\alpha L$ қашан дұрыс?